Untersuchungen

über

Malzdiastase.

Von der Königl. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der

Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Andreas Kleemann

aus Dittenheim.

ACAD. LAND. BIBL.

Referent: Prof. Dr. F. von Soxhlet.

Korreferent: Prof. Dr. K. Kraus.

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juni 1905.

Merseburg.

Buchdruckerei von Fr. Stollberg.

1905.

I. Die Bestimmung der diastatischen Kraft.

Kjeldahl[1]) hat zuerst eine Methode ausgearbeitet, mit deren Hilfe das Verzuckerungsvermögen des Malzes bestimmt werden sollte. Sie stützt sich auf das von ihm gefundene Gesetz der Proportionalität, wonach verschiedene Diastasemengen ihnen direkt proportionale Maltosemengen liefern, wenn die gebildete Maltosemenge nicht 45 % der Stärkemenge übersteigt. 250 g Kartoffelstärke werden bei 80° C. verkleistert, mit 200 ccm Malzauszug 1:4 versetzt, der vorher auf 60—65° C. erwärmt worden war, dann 20 Minuten lang auf 78—80° C. erhalten, aufgekocht, filtriert und das Filtrat auf einen Trockensubstanzgehalt von 3.3 % verdünnt. Je 100 oder 200 ccm dieser Flüssigkeit werden mit entsprechenden Mengen eines Malzauszuges 1 : 40 (erhalten durch 6stündiges Ausziehen) versetzt, 20 Minuten bei 57—59° C. erhalten, dann aufgekocht, das Kupferreduktionsvermögen der Stärkelösung, des Malzauszuges und der verzuckerten Stärkelösung ermittelt und der Zuckerzuwachs, der auf die Wirkung der Diastase fällt, festgestellt. Kjeldahl setzt die in einem Malze enthaltene Diastasemenge gleich 100, wenn unter den angegebenen Bedingungen 15 ccm des Malzauszuges von 1 : 40 in 200 ccm der Stärkelösung eine Zuckerzunahme (auf Dextrose berechnet) von 1 g ergeben.

Lintner[2]) hat die Methode Kjeldahls in folgender Weise abgeändert: Er bereitet zunächst lösliche Stärke nach einem von ihm angegebenen Verfahren und stellt daraus eine Lösung her, die 2 g lufttrockene lösliche Stärke in 100 ccm enthält. 25 g

[1]) Kjeldahl, Zeitschrift für das ges. Brauwesen 1880, Bd. XV, S. 41.
[2]) Lintner, ebenda Bd. XX, S. 281.

des fein gemahlenen Malzes werden mit 500 ccm Wasser 6 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur ausgezogen. Man gibt nun in 10 Reagierröhrchen, die in einem passenden Halter (Reischauerschen Stern) befestigt sind, je 10 ccm der Stärkelösung und der Reihe nach 0.1, 0.2 etc. bis 1.0 ccm des Malzauszuges, schüttelt und lässt die Diastase genau 1 Stunde lang bei Zimmertemperatur — ca. 17° C. — einwirken. Darauf gibt man in jedes Röhrchen 5 ccm Fehlingsche Lösung, schüttelt gut durch und setzt den Halter mit den Röhrchen 10 Minuten in ein kochendes Wasserbad. Je nach der Menge der gebildeten Maltose werden dann verschiedene Mengen Fehlingscher Lösung reduziert sein, so dass die über dem Kupferoxydul stehende Flüssigkeit je nach dem Grade der eingetretenen Reduktion mit abnehmender Intensität blau, farblos bis braun erscheinen wird. Man sucht nun dasjenige Röhrchen heraus, das gerade kupferfrei ist. Lintner setzt das Fermentativvermögen F = 100, wenn unter obigen Bedingungen zur Reduktion von 5 ccm Fehlingscher Lösung 0.1 ccm des Auszuges (1 : 20) verbraucht wird. Gegenüber der Kjeldahlschen Methode besitzt die Lintnersche den Vorzug, dass sie weniger zeitraubend und dass namentlich die Bereitung der Stärkelösung wesentlich einfacher ist.

Obgleich Lintner angibt, dass, „wenn man die diastatische Wirkung eines Malzauszuges messen will, man vor allem das Kjeldahlsche Gesetz der Proportionalität im Auge behalten müsse, welches die Grundlage zu jeglicher Bemessung des Fermentativvermögens bilde“, so kommt doch in Wirklichkeit bei seinem Verfahren dieses Gesetz gar nicht in Anwendung.[1]) Kjeldahl ist bei seiner Methode auf dieses Gesetz angewiesen, weil er aus dem Zuckergehalt einer Verzuckerungsflüssigkeit auf die Menge der Diastase schliessen will, die hier eingewirkt hat. Kjeldahl muss mit verschiedenen möglichen Verzuckerungsleistungen rechnen, und er könnte aus der gefundenen nicht berechnen, welche Diastasemenge gewirkt hat, wenn Diastase und gebildete Zuckermenge nicht in geradem Verhältnis zueinander stünden. Lintner verlangt eine bestimmte Verzuckerungsleistung und fragt, in welcher seiner verschiedenen Ver-

[1]) Auch Arthur R. Ling (Zeitschr. für das ges. Brauwesen Bd. XXV, 1902, S. 474) ist in dem Irrtum befangen, Lintners Methode beruhe auf dem Proportionalitätsprinzip.

zuckerungsflüssigkeiten der verlangte Verzuckerungsgrad eben erreicht ist. Er hält sich also ganz unnötig an die Bedingung, unter der das KJELDAHLsche Proportionalitätsgesetz Geltung hat, was, wie ich zeigen werde, ebenso wie bei dem Verfahren KJELDAHLS selbst, zu dem wunderlichen Ergebnis führt, dass für Darrmalz meist ein niedrigeres Fermentativvermögen gefunden wird als für ungekeimte Gerste. Man kann also keines dieser Verfahren anwenden, wenn man das Auftreten der Malzdiastase und deren Zunahme beim Keimen der Gerste beobachten und verfolgen will.

SYKES und MITCHELL[1]) beklagen mit Recht, dass nach dem LINTNERschen Verfahren, wenn man diastasereiche Malzsorten untersucht, der kritische Punkt zwischen dem ersten und zweiten Röhrchen liege, es sich also um den grossen Unterschied im Fermentativvermögen von 50 und 100 handle. LINTNER empfiehlt zur Erzielung einer grösseren Genauigkeit, den Auszug des diastasereicheren Grünmalzes (1 : 20) mit 1 Volumen Wasser zu verdünnen, und er misst dann von diesem noch Mengen ab, die um 0.05 ccm verschieden sind. Er bekommt dann die Zwischenstufen 83.3, 71.4, 66.6, 55.5. Um diese feinen Abmessungen zu vermeiden, greifen SYKES und MITCHELL wieder auf das Verfahren KJELDAHLS zurück, halten sich aber an die LINTNERsche Stärkelösung und an seine niedrige Verzuckerungstemperatur, die sie aber von 17 auf 21° erhöhen. Sie bestimmen das Reduktionsvermögen der verzuckerten Flüssigkeit gewichtsanalytisch und sie müssen sich bei ihrem Verfahren ebenso wie KJELDAHL an das Proportionalitätsprinzip halten. 100 ccm der LINTNERschen Stärkelösung werden mit 1 ccm Malzauszug (1 : 20) eine Stunde lang bei 21° C. verzuckert, dann 50 ccm der FEHLINGschen Lösung hinzugesetzt, erhitzt usw. Das Gewicht des gewogenen Kupfers durch die in 50 ccm FEHLINGscher Lösung enthaltene Kupfermenge = 0.438 g dividiert und mit 100 multipliziert, gibt den Ausdruck für das Fermentativvermögen. Wenn also 0.438 g Kupfer reduziert worden sind, hat das Malz das Fermentativvermögen 100; der Begriff „Fermentativvermögen 100“ ist mit dem LINTNERS identisch, aber die Zwischenstufen sind andere, nämlich dieselben wie bei dem folgenden von EVANS angegebenen Verfahren.

[1]) SYKES und MITCHELL, Wochenschrift für Brauerei Bd. XIII, 1896, S. 501.

Evans[1]) verfährt sonst genau so wie Sykes und Mitchell, bestimmt aber das Reduktionsvermögen der verzuckerten Flüssigkeit nach Reischauer. Er verfährt wie folgt: 100 ccm der Lintnerschen Stärkelösung werden mit 1 ccm Malzauszug von 1 : 20 vermischt und eine Stunde lang bei 21° C. der Verzuckerung überlassen; von dieser Flüssigkeit werden in 10 Reagierröhrchen — bezeichnet 1—10 — je 10 ccm gebracht, steigende Mengen, nämlich 0.5—1.0—1.5 usw. ccm, Fehlingscher Lösung hinzugefügt und im Wasserbad erhitzt. Die Ziffer der Bezeichnung des Gläschens, in dem die Fehlingsche Lösung eben reduziert ist, mit 10 oder die Anzahl der Kubikzentimeter Fehlingscher Lösung darin mit 20 multipliziert, ergibt den Ausdruck für das Fermentativvermögen. Gläschen No. 10 Evans entspricht Gläschen No. 1 Lintner (beide enthalten 10 ccm Stärkelösung, 0.1 ccm Malzauszug 1 : 20 und 5 ccm Fehlingsche Lösung) und beide Autoren verstehen unter dem Fermentativvermögen 100 dasselbe; aber die Zwischenstufen bedeuten verschiedenes. Bei Lintner ist Gläschen No. 1 Fermentativvermögen = 100, No. 2 = 50, 3 = 33.3, 4 = 25, 5 = 20, 6 = 16.6, 7 = 14.3, 8 = 12.5, 9 = 11.1 und No. 10 = 10; bei Evans Gläschen No. 10 = 100, 9 = 90, 8 = 80, 7 = 70 usf.

Nach dem Verfahren von Evans fallen die Messfehler weniger ins Gewicht und die Werte für das Fermentativvermögen machen geringere Sprünge.

Effront[2]) verzuckert eine Reihe von je 75 ccm betragenden Flüssigkeitsportionen, die 1 g wasserfreie lösliche Stärke enthalten, mit verschiedenen Mengen diastasehaltiger Flüssigkeiten 1 Stunde bei 60° C., kocht dann auf, kühlt ab, verdünnt zu 100 ccm und bestimmt darin die Menge der gebildeten Maltose. Diejenige Probe, in der sich 0.5 g Maltose gebildet hat, enthält die Einheit an aktiver Substanz, und wenn diese in 1 ccm enthalten war, wird das diastatische Vermögen der Lösung gleich 100 gesetzt; finden sich die gebildeten 0.5 g Maltose in einer mit 2 ccm der Diastaselösung behandelten Probe, dann ist das Fermentativvermögen dieser Lösung 50 usw. Um den Endpunkt richtig zu treffen, muss eine Reihe von Vorversuchen angestellt,

[1]) Evans, Wochenschrift für Brauerei Bd. XVII, No. 28, S. 439, 1900; aus: Journal of the Federated Institutes of Brewing 1900.

[2]) Effront, Die Diastasen und ihre Rolle in der Praxis. Deutsche Übersetzung von Max Bücheler, Leipzig und Wien 1890, S. 150.

und die zuzusetzenden Mengen der Diastaselösung müssen danach passend bemessen werden. Auch dieses Verfahren, von allen bekannten das umständlichste, fusst nicht auf dem Kjeldahlschen Proportionalitätsprinzip, wohl aber ein anderes Verfahren Effronts, bei dem es sich um den Vergleich einer Diastaselösung unbekannter Wirkung mit einer typischen Lösung handelt; in diesem Falle werden je 100 ccm einer 2 g lösliche Stärke enthaltenden Lösung einmal mit 2 ccm der typischen, das andere Mal mit ebensoviel der zu prüfenden Lösung bei 50° C. 1 Stunde lang verzuckert; finden sich dann in der einen Probe z. B. 0.4 g Maltose, in der anderen 0.2 g, so wird, wenn man den Wirkungswert der einen Lösung gleich 100 setzt, der der zweiten 50 sein.

Alle diese Methoden geben untereinander keine vergleichbaren Resultate. Kjeldahl verzuckert bei 57—59° C., Effront einmal bei 60° C., das andere Mal bei 50° C., Lintner bei „Zimmertemperatur ca. 17° C.“, Evans und ebenso Sykes und Mitchell bei 21° C.; Kjeldahl verwendet eine 3.3 %ige Stärkelösung, die mit wenig Malzauszug verflüssigt war, Lintner eine Lösung, die 2 g lufttrockene lösliche Stärke in 100 ccm enthält, ebenso Evans und Sykes und Mitchell, Effront eine Lösung, die 1 g wasserfreie lösliche Stärke in 75 ccm enthält. Kjeldahl verzuckert 20 Minuten lang, die anderen 1 Stunde; und auch da, wo die sonstigen Bedingungen ziemlich die gleichen sind, sind, wie gezeigt worden ist, Verschiedenheiten in der Berechnungsart des Wirkungswertes vorhanden.

Neben dem Gehalt an entstandener Maltose kann das Verhalten der Stärke während ihres Abbaues zu Jodlösung ein Mittel zur Bestimmung des Wirkungswertes der Diastase bilden. Unbrauchbar dazu ist die Beobachtung der verschiedenen Farbenabstufungen zwischen Blau, Violettrot und farblos, ebenso die Erreichung des Verzuckerungsgrades, wo die Jodreaktion ausbleibt, nach verschiedenen Zeiten, denn es besteht keine bestimmte Beziehung zwischen dem Eintreten einer bestimmten Farbenreaktion oder dem Ausbleiben der Jodreaktion und der Dauer der Einwirkung. Dagegen kann es als prinzipiell richtige Grundlage einer Methode gelten, wenn man auch hier eine bestimmte Leistung der Diastase verlangt und dann sich fragt, von welcher Diastasemenge diese erzielt worden ist. Als sicher erkennbares Merkmal für die Leistung wird dabei nur das Verschwinden der Jodreaktion in Frage kommen können.

Auf dieses Prinzip hat nun Roberts[1]) ein Verfahren zur Bestimmung der Verzuckerungskraft des Speichels und Pankreassaftes gegründet. Je 10 ccm eines Stärkekleisters, der 10 g Kartoffelstärke im Liter enthält, werden bei 40° C. mit verschiedenen Mengen einer diastasehaltigen Lösung 5 Minuten lang verzuckert und diejenige Probe herausgesucht, die sich mit Jod nicht mehr färbt. Die diastatische Kraft der Flüssigkeit, durch das Symbol D dargestellt, wird ausgedrückt durch das Volumen der Stärkelösung, das durch 1 ccm der Diastaselösung während einer Wirkungsdauer von 5 Minuten bei einer Temperatur von 40° C. bis zum sog. achromatischen Punkt umgewandelt werden kann. Roberts gibt indes selbst an, dass die Bestimmung des Wirkungswertes der Diastase aus der gebildeten Zuckermenge nach Kjeldahl genauer ist; bei der Untersuchung von Malz oder Malzauszügen ist das Verfahren überhaupt noch nicht angewendet worden.

J. L. Backer[2]) gibt an, dass die Diastase ungekeimter Gerste auf lösliche Stärke bei 50° C. derart einwirke, dass selbst nach 96 Stunden mit Jod nur Blaufärbung eintrete, und schon früher hat Lintner[3]) für den Auszug ungekeimten Weizens angegeben, dass, wenn dieser auf lösliche Stärke bei gewöhnlicher Temperatur einwirke, die rotviolette Färbung mit Jod trotz starker Reduktionskraft der Lösung auch nach 6 Tagen nicht verschwinde. Nach Effront[4]) „erreicht man mit Diastase von ungemälzten Körnern nur schwierig einen solchen Verzuckerungsgrad, dass mit Jodlösung keine Färbung mehr auftritt“, und Lintner[5]) gibt an einer anderen Stelle an, dass „bei Einwirkung eines Gersteauszuges auf lösliche Stärke die Jodreaktion viel langsamer verschwinde als bei Anwendung des Malzauszuges von gleichem Fermentativvermögen“. Nach diesen beiden Angaben hat es, den anderen gegenüber, also doch wieder den Anschein, als ob durch grössere Mengen oder bei länger dauernder Einwirkung von Gersteauszug der sog. achromatische Punkt erreicht werden könnte. Wenn dies nicht der Fall wäre, und

---

[1]) Veröffentlicht in Gamgee, Lehrbuch der phys. Chemie der Verdauung — deutsche Ausgabe — 1897, S. 54—57.

[2]) J. L. Backer, Chem. Soc. 5. Juni 1902; Chem.-Ztg. 1902, S. 608.

[3]) Lintner, Zeitschr. für das ges. Brauwesen 1888, S. 497.

[4]) Effront, a. a. O. S. 144.

[5]) Lintner, Zeitschr. für das ges. Brauwesen 1889, S. 392.

wenn sich das Verfahren von Roberts zu einem ausbilden liesse, das genau und sicher auch das Fermentativvermögen von Malzdiastase bestimmen lässt, dann müsste mit Hilfe eines solchen Verfahrens auch die Menge der Malzdiastase bei Gegenwart von Gerstendiastase sich bestimmen oder auch der Punkt auffinden lassen, wo beim Keimprozess die Bildung der Malzdiastase beginnt.

Zu den folgenden Versuchen wurden Auszüge aus hellem Malz nach Pilsener Art und Auszüge aus guter unterfränkischer Braugerste benützt, gewonnen nach 6stündiger Einwirkung bei 17.5° C. von 5 Teilen Wasser auf einen Teil der Trockensubstanz der feingemahlenen Körner. Um längere Zeit mit denselben Auszügen arbeiten zu können, wurden die Auszüge in kleinere Portionen verteilt, in fest gefrorenem Zustande aufbewahrt und erst kurz vor der Verwendung durch freiwilliges Auftauen wieder verflüssigt. Als Stärkelösung wurde eine Lösung Lintnerscher löslicher Stärke benützt, die 2 g Trockensubstanz in 100 ccm enthielt. Die Einhaltung aller angegebenen Temperaturen wurde dadurch erzielt, dass die Flaschen, Reagenzgläser etc. in Wasserbäder mit konstanter Temperatur (Soxhletsche Regulatoren) eingestellt wurden.

Einwirkung von Malzauszug bei 17.5° C.

Zu je 20 ccm Stärkelösung wurden steigende Mengen Malzauszug hinzugefügt, die Flüssigkeiten, nach $3^3/_4$ Stunden mit 1 Tropfen Zehntel-Normaljodlösung versetzt und der Farbenton festgestellt.

Menge des Malzauszuges 1 : 5 auf 20 ccm Stärkelösung ccm	Teile Malztrockensubstanz auf 100 Teile lösliche Stärke	Jodfärbung
0.1	5	violett
0.2	10	dunkelrot
0.3	15	rot
0.4	20	„
0.5	25	„
0.6	30	rotbraun
0.8	40	gelbbräunlich
1.0	50	„
1.2	60	„
1.4	70	reingelb
1.6	80	„
1.8	90	„

Einwirkung von Gersteauszug bei 17.5° C.

Unter den gleichen Bedingungen färbten sich alle Lösungen mit Jod reinblau, auch dann, wenn der Auszug von 100 Teilen Gerste auf 100 Teile lösliche Stärke eingewirkt hatte.

Längere Einwirkung von Malz- und Gersteauszügen bei 17.5° C.

Nach 17stündiger Einwirkung genügte der Auszug von 6 Teilen Malztrockensubstanz für 100 Teile Stärketrockensubstanz zur Erreichung des achromatischen Punktes. Nach der gleichen Zeit färbte sich die Stärkelösung noch blau, wenn der Auszug von 200 Teilen Gerstetrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz eingewirkt hatte. Auch nach 24 und 48 Stunden war mit dem Auszug von 200 % Gerste dasselbe Ergebnis erhalten worden.

Einwirkung von Gersteauszug bei der günstigsten Verzuckerungstemperatur für Gerstediastase.

Nach Lintner[1]) liegt die günstigste Verzuckerungstemperatur für Gerstediastase tiefer als die für Malzdiastase, nämlich bei ca. 47° C.

Es wurden, da grössere Mengen Gersteauszug einwirkten und zu grosse Unterschiede in der Konzentration vermieden werden sollten, je 100 ccm einer 4 g Trockensubstanz enthaltenden Stärkelösung benützt und das Gemisch dann zu 200 ccm verdünnt. Nach $5^1/_2$stündiger Einwirkung, in der angegebenen Weise mit Jod geprüft, wurden folgende Reaktionen erhalten:

Bei Einwirkung des Auszuges von 50, 100, 150, 200 Teilen Gerstetrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz in allen Fällen: violett. Wenn unter den gleichen Bedingungen der Auszug von 2 Teilen Malztrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz eingewirkt hatte, färbte sich die Lösung mit Jod: rot.

Daraus ergibt sich: bei Zimmertemperatur wirkt die Gerstediastase auf lösliche Stärke, auch wenn der Auszug von 200 Teilen Gerstetrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz 17—48 Stunden einwirkt, hinsichtlich der Veränderung der Jodreaktion gar nicht ein. Bei der günstigsten Temperatur —

[1]) Lintner, Zeitschr. für das ges. Brauwesen 1889, S. 392.

47 ° C. — wird, wenn man den Auszug von 50—200 Teilen Gerstetrockensubstanz auf 100 Teile wasserfreie lösliche Stärke $5^1/_2$ Stunden einwirken lässt, die Stärke nach ihrem Verhalten zu Jod nur so weit verändert, dass sich die Lösung violett färbt, und 200 Teile Gerste wirken nach dieser Richtung schwächer als 2 Teile Malz.

Nach diesem Verhalten der Gerstediastase muss angenommen werden, dass ihre Anwesenheit nur einen geringen Einfluss ausüben wird, wenn man versucht, das Fermentativvermögen der Malzdiastase nach dem von Roberts für die Untersuchung des Verzuckerungsvermögens des Speichels und Pankreassaftes angegebenen Prinzip zu bestimmen, d. h. wenn man zu ermitteln versucht, welche Menge Malzauszug eben notwendig ist, um in einer bestimmten Zeit bei bestimmter Temperatur eine bestimmte Menge (löslicher) Stärke in bestimmter Konzentration so zu verändern, dass die Flüssigkeit mit Jod sich reingelb färbt (achromatischer Punkt). Unter Berücksichtigung aller dabei in Betracht kommenden Umstände habe ich für diesen Zweck ein besonderes Verfahren ausgearbeitet und im Verlauf meiner Arbeit seine Genauigkeit und Zuverlässigkeit erprobt.

Bestimmung des Fermentativvermögens nach der Jodmethode.

Der Farbenton bei der Prüfung mit Jod fällt verschieden aus, je nach der Konzentration der Stärkelösung oder je nachdem man ihr mehr oder weniger Jod hinzusetzt; z. B. geben 20 ccm einer 2 %igen Stärkelösung zu 200 ccm verdünnt und mit 2 Tropfen Zehntel-Normaljodlösung versetzt: reinblau; 5 ccm einer 2 %igen Stärkelösung zu 200 ccm verdünnt und mit 5 Tropfen der Jodlösung versetzt: violett.

Als das empfindlichste Verfahren, das besonders den achromatischen Punkt am schärfsten erkennen lässt, hat sich das folgende herausgestellt: 5 ccm der 2 %igen mehr oder weniger verzuckerten Stärkelösung werden annähernd zu 200 ccm verdünnt und 5 Tropfen Zehntel-Normaljodlösung hinzugefügt. Der achromatische Punkt gilt als eingetreten, wenn die verzuckerte Flüssigkeit denselben gelben Farbenton angenommen hat, den 200 ccm Wasser, mit der gleichen Menge Jodlösung versetzt, annehmen. Bei der Feststellung der Farbentöne der Zwischen-

stufen ist zu beachten, dass diese schon nach kurzer Zeit — längstens nach $^1/_4$ Stunde — verblassen.

Man benützt 10—12 Reagenzgläser aus Jenaer Glas, die bei etwa 2 cm lichter Weite 50 ccm fassen und für den Rauminhalt von 15 ccm eine Marke haben, die mit Glasätztinte angebracht und mit Bleistift geschwärzt ist. Die Reagenzgläser sind in üblicher Weise in einem Reischauerschen Stern befestigt.

Mittelst der Überlaufpipette, die 2 Marken besitzt (s. Fig. 1), füllt man je 10 ccm einer Stärkelösung, die 2 g Trockensubstanz Lintnerscher löslicher Stärke in 100 ccm enthält, in jedes Glas, lässt aus der Überlaufbürette[1]) (s. Fig. 2) steigende Mengen des Malzauszuges zufliessen, schüttelt bei geneigter Haltung das Röhrchen gut durch und füllt bis zur Marke (15 ccm) mit destilliertem Wasser auf.

Der Malzauszug 1 : 200 wird bereitet, indem man 10 g sehr fein gemahlenes Darrmalz mit 500 ccm Wasser $1^1/_2$ Stunde bei 35° C. oder 6 Stunden lang bei 17.5° C. unter öfterem Umschütteln stehen lässt, abkühlt, filtriert und das Filtrat auf das 4fache verdünnt.

Bei der Bereitung des Auszuges aus Grünmalz verreibt man eine annähernd 10 g Trockensubstanz enthaltende Menge mit einem kleinen Teil der 500 ccm Wasser zu einem feinen Brei in der Reibschale, giesst den Rest des Wassers dazu und verfährt sonst wie bei Darrmalz. Neben dem Auszug von 1 : 200 verwendet man für gewisse Fälle auch einen von 1 : 500 (Filtrat verdünnt auf das 10fache). — Alle Malzauszüge nehmen bei Zimmertemperatur rasch an Wirksamkeit ab, und zwar um so schneller, je verdünnter sie sind; der Auszug 1 : 500 schon nach ca. 3 Stunden.

Die abzumessenden Mengen Malzauszug 1 : 200 betragen bei Darrmalz: 1.0—1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 ccm = 2.5—2.75—3.0, 3.25, 3.5—4.0, 4.5, 5.0 Teile Malztrockensubstanz auf 100 Teile wasserfreie lösliche Stärke; bei Grünmalz von dem Auszug 1 : 200: 0.4—0.5—0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 ccm = 1.0—1.25—1.50, 1.75, 2.0, 2.25, 2.50 etc. Teile Malztrockensubstanz auf 100 Telie wasserfreier Stärke. Für die Ermittelung der Zwischenstufen

[1]) Man füllt die Überlaufbürette, indem man bei geschlossenen Quetschhähnen Flüssigkeit in den Trichter A giesst, den Quetschhahn B öffnet, bei C etwas Flüssigkeit überlaufen, dann aus der Messröhre etwas ausfliessen und bei C wieder etwas überlaufen lässt.

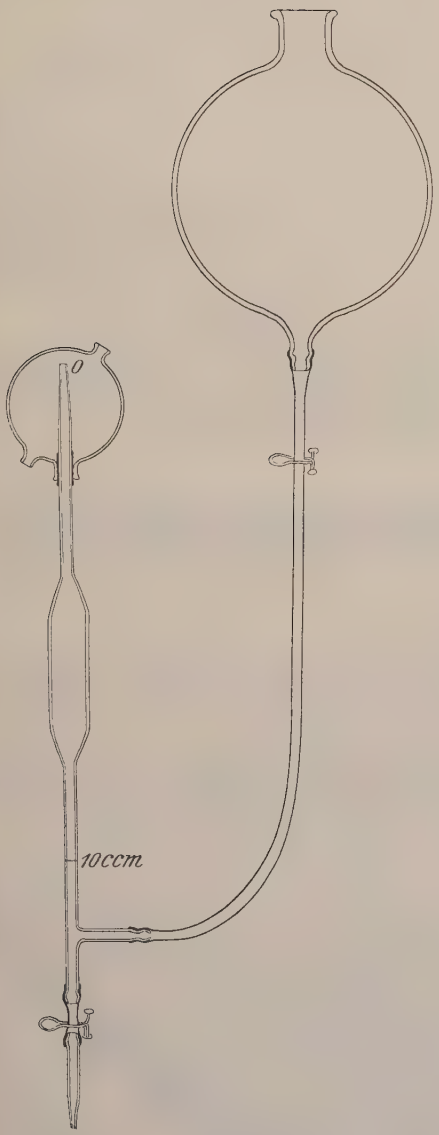


Fig. 1.

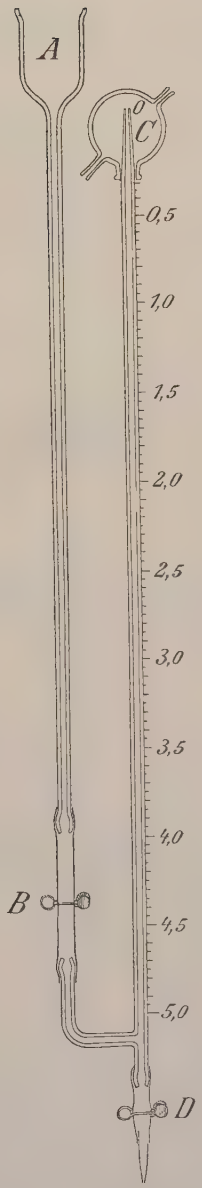


Fig. 2.

verwendet man den Auszug 1 : 500 und misst dann ab: 1.0 bis 1.1, 1.2, 1.3, 2.0 ccm = 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 etc. Teile Grünmalztrockensubstanz auf 100 Teile wasserfreie lösliche Stärke.

Man stellt nun den Reischauerschen Stern mit den Röhrchen in ein Wasserbad von passender Grösse, dessen Temperatur genau auf 55° C. erhalten (Soxhlet-Regulator) und das zur Verhinderung des Verdunstens mit einem Deckel bedeckt wird. Nach 3 Stunden kühlt man die Reagierröhrchen in fliessendem Wasser rasch ab und beginnt sofort mit der Prüfung auf das Verhalten zu Jod. Man hat sich vorher 10—12 250 ccm fassende, weisse Medizinflaschen bereit gehalten, die mit 200 ccm gewöhnlichen Wassers gefüllt sind und auf einer weissen Unterlage stehen. Man giesst nun, mit dem Röhrchen beginnend, das die grösste Menge Malzauszug erhalten hat, 5 ccm des Inhalts in die letzte der Wasserflaschen und fährt so fort, bis jede von ihnen 5 ccm von dem Inhalt eines der Röhrchen erhalten hat. In jede der Flaschen bringt man 5 Tropfen Zehntel-Normaljodlösung und ebensoviel in eine Flasche, die nur reines Wasser enthält. — Zum Abmessen der verzuckerten Flüssigkeiten bedient man sich eines ca. 1 cm weiten Röhrchens, das, bis zum Rande gefüllt, 5 ccm fasst.

Die Flüssigkeit in einer oder in mehreren Flaschen wird den achromatischen Punkt zeigen, d. h. denselben reingelben Farbenton wie das mit Jodlösung allein versetzte Wasser; in den anderen werden Farbentöne vom schwächsten Rot bis Blau auftreten. Diejenige Flasche (entsprechend einem bestimmten Reagenzglase), deren Inhalt den achromatischen Punkt erreicht hat und nach einer kommt, die noch deutlich erkennbar eine rötliche Flüssigkeit enthält, ergibt die Endreaktion. — Häufig erhält man Reihen, wo die Farbe des Flascheninhaltes mit Blau beginnend, durch Violett, Rot, Rötlich zu Reingelb übergeht. Als anfänglich in dieser Farbenskala die merkwürdigsten Sprünge vorkamen, kostete es viel Mühe, herauszubringen, dass es das Glas war, das Alkali in verschiedener Menge an die Flüssigkeit bei der 3stündigen Einwirkung bei 55° C. abgegeben und damit regellos einmal stärker, einmal schwächer die Wirkung der Diastase vermindert hat. Als dann Reagenzgläser aus Jenaer Glas verwendet wurden, wurden immer nur Reihen mit regelmässig abgestufter Farbenskala erhalten.

100 dividiert durch die auf 100 Teile wasserfreie lösliche Stärke verwendeten Teile (= %) Malztrockensubstanz, die die Endreaktion erhalten lassen — oder durch die Zahl der Kubikzentimeter Malzauszug 1 : 200 × 2.5 — oder durch die Zahl der Kubikzentimeter Malzauszug 1 : 500 gibt den Ausdruck F. J. (Fermentativvermögen — Jod) für das Fermentativvermögen; er zeigt an, wieviel Teile wasserfreier löslicher Stärke in 2 %iger Lösung bei 55° C. innerhalb 3 Stunden durch ein Teil Malztrockensubstanz so weit verzuckert werden, dass sich die Lösung, in der angegebenen Weise geprüft, mit Jod nicht mehr färbt.

Der hier gewählte Mafsstab ist weniger konventionell als der bisher benützte, da er doch einigermassen in verständlicher Weise etwas über die diastatische Leistung bei einer praktisch vielfach üblichen Verzuckerungstemperatur sagt, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass so verdünnte Stärkelösungen, die für die Verzuckerung ungünstig sind, und dass auch so lange Verzuckerungszeiten in der Praxis der Gärungsgewerbe nicht vorkommen.

Beispiele: Bei meinem zu allen Versuchen benützten hellen Darrmalz nach Pilsener Art wurden verbraucht bis zum Eintritt der Endreaktion 1.1 ccm Auszug 1:200 = 2.75 Teile Malztrockensubstanz auf 100 Teile wasserfreie Stärke; dieses Malz zeigte also:

$$\text{F. J.} \frac{100}{2.75} = 36.4 \text{ oder } \frac{100}{1.1 \,.\, 2.5} = 36.4.$$

Drei andere Darrmalzsorten zeigten das Fermentativvermögen F. J.: 21.8, 30.3, 37.0.

Von einem Grünmalz mit 58 % Trockensubstanz wurden 17.241 g = 10.0 g Trockensubstanz mit 500 ccm Wasser extrahiert, das Filtrat auf das 10fache verdünnt (1 : 500); die Endreaktion trat bei 1.3 ccm ein = 1.3 Teile Malztrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz:

$$\text{F. J.} = \frac{100}{1.3} = 76.9.$$

Fünf Grünmalzsorten aus Münchener Brauereien kurz vor dem Schwelken zeigten F. J.: 57.5, 63.7, 69.8, 71.4, 76.9.

Über die bei dieser Methode in Betracht kommenden Beobachtungsfehler ist zu sagen: Die von mir gewählten Messgeräte[1])

[1]) Ebenso wie auch alle andern hier benutzten Geräte und Vorrichtungen zu beziehen von Johannes Greiner in München.

lassen die anzuwendenden Mengen sehr genau abmessen. Wenn man Darrmalz in der angegebenen Weise untersucht, so entsprechen die Mengen Malzauszug 1 : 200 nämlich 1.0, 1.1, 1.2, . . . 2.0 ccm einem Fermentativvermögen F. J. von 40, 36.4, 33.3, 30.8, 28.6, 26.7, 25.0, 23.5, 22.2, 21.1, 20.0.

Bei diesen Mengenverhältnissen tritt niemals ein Zweifel über das Eintreten der Endreaktion ein, und man erhält bei Wiederholungen des Versuchs genau dasselbe Ergebnis.

Bei diastasereichem Malz — Grünmalz —, bei dem man passend die Verdünnung 1 : 500 anwendet, entsprechen die abgemessenen Mengen Malzauszug 1.0, 1.1, 1.2, ... 2.0 ccm einem Fermentativvermögen F. J. von 100, 90.9, 83.3, 76.9 71.4, 66.7, 62.5, 58.8, 55.6, 52.6, 50.0; auch hier kann man niemals im Zweifel sein, um welche dieser Zwischenstufen es sich handelt; wenn man aber bei Darrmalz mit einem Fermentativvermögen von unterhalb 36 mit einem Auszug 1 : 500 arbeiten wollte, um die Zwischenstufen zwischen 36.4, 33.3, 30.8 usw. aufzusuchen, so würde dieses Bemühen erfolglos sein, da man bei diesen kleinen Unterschieden den Endpunkt der Reaktion nicht sicher erkennen kann.

Nach der bekannten Tatsache, dass sehr kleine Mengen freier Säure die Wirkung der Diastase begünstigen, grössere Mengen davon oder sehr kleine Mengen freien Alkalis sie schwächen, ist zu befürchten, dass, wenn man nach Lintner hergestellte lösliche Stärke bei der Bestimmung der Fermentativkraft benützt, die erhaltenen Ergebnisse keine absoluten sein, vielmehr nur für die jeweilig verwendete lösliche Stärke Geltung haben werden, denn durch Auswaschen erhält man niemals völlig neutrale, sondern immer schwach saure Präparate von zweifellos verschiedenem Säuregehalt. Ich habe es deshalb für angezeigt gehalten, die lösliche Stärke in der folgenden Weise zu neutralisieren. Die Stärke wurde nach der von Lintner vorgeschriebenen Behandlung soweit als möglich ausgewaschen, darauf in einem Bruchteil der Stärkemilch der Säuregrad mit Viertel-Normalnatronlauge und Lackmus bestimmt, die berechnete Menge Natronlauge dem Rest hinzugefügt und dann mit destilliertem Wasser wiederholt ausgewaschen. Mit dieser neutralisierten Stärke erhielt ich fast genau dieselben Ergebnisse wie mit gewöhnlich ausgewaschener. Bei der Bestimmung von F. J. war damit der achromatische Punkt meist um ein geringes später

erreicht; war er mit nicht neutralisierter Stärke eben erreicht, so hatte hier die Flüssigkeit noch einen schwachen Stich ins Rötliche. Wenn man in der von mir angegebenen Weise neutralisierte lösliche Stärke benützt, wird man zweifellos immer absolute Werte erhalten, und die Ergebnisse, die von verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Stärkepräparaten erhalten werden, müssen übereinstimmen.

Bestimmung des Fermentativvermögens mittelst Jod in einem Gemisch der Auszüge von Malz und ungekeimter Gerste.

Wenn auch, wie nachgewiesen wurde, eine weitgehende Verschiedenheit zwischen Malz- und Gerstediastase nach der Art der Abbauprodukte der Stärke und des Verhaltens dieser zu Jod besteht, so ist doch ein Mitarbeiten der Gerstediastase zu erwarten, wenn sie neben Malzdiastase auf die Stärke einwirkt.

Es wurden Auszüge von dem regelmässig verwendeten Malz und der Gerste 1 : 25 hergestellt und in kleinen Portionen festgefroren aufbewahrt. Die Auszüge wurden in verschiedenem Verhältnis miteinander gemischt und je nach der Menge, die abzumessen war, in verschiedenem Mafse verdünnt. Dem gefundenen Fermentativvermögen ist das gegenüber gestellt, das unter der Annahme berechnet wurde, die Gerstediastase sei wirkungslos gewesen.

Auszug von:	Konzentration des Auszuges	Verbr. ccm	Fermentativvermögen gefunden	Fermentativvermögen berechnet	Mehr gefunden als ber.	Wenn berechnet = 100, ist gefunden
100 Malz	1 : 200	1.1	36.4	36.4	—	100
80 Malz und 20 Gerste	1 : 200	1.3	30.7	29.1	1.6	105
60 „ „ 40 „	1 : 200	1.5	26.6	21.8	4.8	122
40 „ „ 60 „	1 : 200	2.2	18.2	14.6	3.6	125
20 „ „ 80 „	1 : 200	4.4	9.1	7.3	1.8	125
10 „ „ 90 „	1 : 100	3.9	5.1	3.6	1.5	142

Bei einem Gemisch von 10 Teilen Malz und 90 Teilen Gerste wird die Bestimmung der Endreaktion zweifelhaft, da die schliesslich erreichte Gelbfärbung einen rötlichen Stich hat, und bei einem Gemisch von 5 Teilen Malz und 95 Teilen Gerste lässt das Verfahren überhaupt im Stich, da mit Jod nur eine rötliche Farbe erhalten wird. Niemals wird man aber bei Anwendung dieser Methode, wie bei allen bisherigen, zu dem Ergebnis gelangen, dass Darmalz und Gerste das gleiche Fermentativ-

vermögen besitzen, denn bei Gerste wird man niemals über Violett hinauskommen, also auch niemals den achromatischen Punkt erreichen. Man kann, wenn man weiss, dass ein Gemisch von Malz und Gerste nicht mehr als 80 Teile Gerste enthält, und wenn man nach den mitgeteilten Versuchen annimmt, dass innerhalb dieser Grenzen das Fermentativvermögen im Verhältnis von 100 : 125 zu hoch gefunden wird, das Fermentativvermögen des Malzes selbst hinlänglich genau bestimmen, oder man wird, wenn sich beim Keimungsvorgang so viel Diastase gebildet hat, als in 20 % hellem Darrmalz enthalten ist, trotz der Anwesenheit der Gerstediastase die Menge der gebildeten Malzdiastase bestimmen können.

Bestimmung des Fermentativvermögens nach der Reduktionsmethode.

In der Literatur finden sich, da immer nur das Fermentativvermögen bei den niederen Verzuckerungsgraden innerhalb der Proportionalitätsgrenze bestimmt wurde, keine Angaben darüber, ob Gerste- und Malzdiastase hinsichtlich des Maximums, das sie an Maltose bilden können, sich verschieden verhalten. Lintner[1]) gibt an, dass die günstigste Temperatur für die Wirkung der Gerstediastase bei 45—50° C., für die Malzdiastase bei 50 bis 55° C. liege, und dass die Intensität der Zuckerbildung bei 50° C. bei Gersteauszug geringer ist als bei Malzauszug, während bei gewöhnlicher Temperatur unter den Bedingungen der Fermentativkraftbestimmung das umgekehrte der Fall ist, d. h. bei gewöhnlicher Temperatur wirkt Gersteauszug verhältnismässig stärker als bei höherer Temperatur. Dagegen verhält es sich nach Effront[2]) damit wie folgt: Gersteauszug enthält sehr wenig Diastase, aber viel an Stoffen, die die diastatische Wirkung begünstigen; diese begünstigende Wirkung tritt besonders stark in den ersten Phasen der Hydratisierung ein und hört bei Gegenwart von Dextrinen auf; deshalb sei die niedrige Temperatur günstig für Gerstediastase, ungünstig für Malzdiastase, bei der hier eine vollständige Hydratisierung nicht stattfinde. Bei der Optimaltemperatur vermöge die geringe Diastasemenge des ungemälzten Kornes eine ziemlich vollständige Verzuckerung hervorzurufen. Nach diesen Angaben muss bei der Bestimmung der Fermentativkraft des Malzes die Ver-

[1]) Lintner, Zeitschr. für das ges. Brauwesen 1889, S. 392.
[2]) Effront, a. a. O. S. 144.

zuckerung bei Zimmertemperatur deshalb am allerwenigsten zweckmässig sein, weil hier ungemälzte Gerste günstiger gestellt wird als gemälzte, also das Vortäuschen an Malzdiastase dort noch begünstigt wird, wo überhaupt keine vorhanden ist. Man wird folgerichtig diejenige Temperatur bei der Bestimmung der Fermentativkraft des Malzes wählen müssen, die für die Malzdiastase am günstigsten und für die Gerstediastase am ungünstigsten ist, d. i. 55° C.

Zu 100 ccm einer Stärkelösung, die 4 g wasserfreie lösliche Stärke enthielt, wurden steigende Mengen Malz- oder Gersteauszug (1 : 50) hinzugefügt, zu 200 aufgefüllt und die Flüssigkeiten $5^1/_2$ Stunden bei der günstigsten Temperatur für die Wirkung der Gerstediastase = 47° C. in verschlossenen Flaschen erhalten. Sofort nach dem Abkühlen wurden, um die Weiterwirkung der Diastase aufzuheben, je 25 ccm der Kupferlösung zugesetzt, dann vor der Maltosebestimmung 25 ccm der Seignettesalznatronlauge hinzugefügt und die Menge der Maltose in üblicher Weise gewichtsanalytisch bestimmt; ebenso die Maltosemengen, die sich in den Malz- und Gersteauszügen für sich unter denselben Bedingungen gebildet hatten. Unter Berücksichtigung dieser wurden aus 100 Teilen wasserfreier löslicher Stärke in $5^1/_2$ Stunden bei 47° C. folgende Mengen Maltose gebildet:

Malzauszug:		Gersteauszug:	
Menge der Malztrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz	Maltose gebildet aus 100 Teilen Stärketrockensubstanz	Menge der Gerstetrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz	Maltose gebildet aus 100 Teilen Stärketrockensubstanz
0.1	6.09		
0.2	8.50		
0.3	14.70		
0.4	21.60		
0.5	25.74	0.5	19.4
1.0	38.98	1.0	35.6
1.5	60.27		
2.0	64.08	2.0	49.0
		3.0	55.7
		4.0	57.0
		5.0	59.6
		10.0	59.8
		20.0	59.9
		30.0	59.9
		40.0	60.2
		50.0	62.1
		100.0	62.38
		150.0	62.62
		200.0	63.34

Wenn die Verzuckerungsdauer auf 16 Stunden ausgedehnt wurde, wurde erhalten:

Bei	2.0 %	Malztrockensubstanz	70.68 % Maltose.
„	4.0 „	„	77.08 „ „
„	200.0 „	Gerstetrockensubstanz	63.96 „ „

In einer gleichen Versuchsreihe wurde die Verzuckerung 24 Stunden lang bei 17.5° C. vorgenommen, mit dem Endergebnis, dass bei Anwendung des Auszuges von 200 Teilen Gerste auf 100 Teile Stärke das Verzuckerungsmaximum von 64 % Maltose erreicht wurde, wofür an Stelle der 200 % Gerstetrockensubstanz 2 % Malztrockensubstanz genügten.

Daraus ergibt sich: Innerhalb der Grenzen, für die das Kjeldahlsche Proportionalitätsgesetz gilt, wirken bei der günstigsten Temperatur für die Wirkung der Gerstediastase helles Darrmalz und Gerste in annähernd gleichem Maſse zuckerbildend. Die ungekeimte Gerste wirkt aber um so schlechter, je höher der Verzuckerungsgrad verlangt wird; mit Gersteauszug kann in 2 %iger Stärkelösung kein höherer Verzuckerungsgrad als der von 64 % Maltose erzielt werden, auch wenn man den Auszug von 200 % Gerste verwendet und die Verzuckerungszeit auf 16 Stunden ausdehnt: mit 2 % hellem Darrmalz ist der gleiche Verzuckerungsgrad nach 5½ Stunden zu erreichen, und er steigt nach 16stündiger Einwirkung auf 70.7 %.

Wenn man also von der Malzdiastase die Erzielung einer Verzuckerungsleistung verlangt, die die Höchstleistung der Gerstediastase wesentlich übersteigt, und darauf eine Methode der Fermentativkraft gründet, so wird man niemals der Täuschung ausgesetzt sein, Darrmalz von geringerer Verzuckerungskraft zu finden als ungekeimte Gerste. Wählt man auch eine Temperatur, die für die Malzdiastase günstiger ist als für die Gerstediastate, also 55° C. statt 47° C., so werden die Bedingungen für die Brauchbarkeit der Methode noch günstiger gestaltet. Wenn die Stärkelösung, die 2 g wasserfreie lösliche Stärke in 100 ccm enthielt, mit Malzauszug 1 : 200 3 Stunden lang auf 55° C. erhalten wurde, so wurde bei Anwendung von 9 % Malztrockensubstanz (helles Darrmalz nach Pilsener Art) ein Verzuckerungsgrad von 76.5 % Maltose erreicht, d. h. es wurden aus 100 Teilen wasserfreier löslicher Stärke 76.5 Teile Maltose gebildet. Anwendung grösserer Malzmengen oder längere Einwirkung innerhalb praktisch in Betracht kommender Zeiten

ergab bei der gewählten, für die Verzuckerung ungünstigen geringen Konzentration der Stärkelösung keinen nennenswert höheren Verzuckerungsgrad.

Methode: Man verfährt wie bei der Bestimmung nach der Jodmethode, verbraucht jedoch hier im allgemeinen eine 3—5 mal grössere Menge Malztrockensubstanz. Man füllt in 12 Reagenzgläser[1]) aus Jenaer Glas je 10 ccm Stärkelösung, die 2 g wasserfreie lösliche Stärke in 100 ccm enthält, setzt dazu bei Darrmalz 2.8, 3.0, 3.2 . . . 5 ccm Auszug 1 : 200, entsprechend 7.0, 7.5, 8.0 . . . 12.5 Teilen Malztrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz; bei Grünmalz mit annähernd 50 % Trockensubstanz 1.0, 1.1, 1.2 . . . 2.0 ccm Auszug 1 : 200, entsprechend 2.5, 2.75, 3.0 . . . 5.0 Teilen Malztrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz. Bei Darrmalz und ebenso bei wenig wirksamem Grünmalz ist es notwendig, die Reihe nach oben fortzusetzen mit einem Auszug 1 : 100, und zwar mit Unterschieden von 0.2 ccm. Man füllt zur Marke 15 ccm auf, lässt drei Stunden bei 55° C. im bedeckten Wasserbad die Verzuckerung vor sich gehen, kühlt in fliessendem Wasser ab, setzt aus einer mit 2 Marken versehenen Überlaufpipette (siehe Fig. 1, S. 11) 20 ccm Fehlingsche Lösung hinzu, schüttelt (nach Aufsetzen eines Kautschukpfropfens) und erhitzt 10 Minuten in kochendem Wasserbade. Man filtriert von dem Inhalt jener Röhrchen, die nicht augenscheinlich noch Kupfer gelöst enthalten, einen Teil durch ein dichtes glattes Filter (Elefantenpapier) und prüft das mit Essigsäure angesäuerte Filtrat mit Blutlaugensalz auf Kupfer. In dem Röhrchen, dessen Inhalt eben kupferfrei befunden wurde, sind 20 ccm Fehlingscher Lösung reduziert worden, was mit Vernachlässigung des Reduktionsvermögens des Malzauszuges selbst einem Verzuckerungsgrade von 77.5 % Maltose entspricht.

Der Ausdruck für das Fermentativvermögen, bestimmt nach dieser Methode, F. M. (Fermentativvermögen — Maltose), zeigt an, wieviel Teile wasserfreier löslicher Stärke in 2 %iger Lösung innerhalb 3 Stunden bei 55° C. durch 1 Teil Malztrockensubstanz

[1]) Man benützt hier zweckmässig andere, also auch anders bezeichnete Reagenzgläser als für die Ausführung der Jodmethode, da bei dieser die kleinsten dem Glase anhaftenden Mengen freien Alkalis (Fehlingsche Lösung) unrichtige Resultate ergeben; andernfalls müssen die Reagenzgläser jedesmal mit Salzsäure gründlich gereinigt werden.

so weit verzuckert werden, dass daraus 77.5 % Maltose gebildet werden (einschliesslich der im Malzauszug enthaltenen Maltosemenge).

$$F.\ M. = \frac{100}{2.5 \times \text{Anzahl der verbrauchten ccm Malzauszug 1:200}} \text{ oder}$$

$$F.\ M. = \frac{100}{5 \times \text{Anzahl der verbrauchten ccm Malzauszug 1:100.}}$$

Arbeitet man mit Malzauszügen von 1 : 200 oder 1 : 100, so entspricht der Verbrauch von ccm einem Fermentativvermögen:

Malzauszug 1 : 200 ccm	F. M.	oder Malzverbrauch %	Malzauszug 1 : 100 ccm	F. M.	oder Malzverbrauch %
1.0	40.0	2.5	2.0	10.0	10
1.2	33.3	3.0	2.2	9.1	11
1.4	28.6	3.5	2.4	8.3	12
1.6	25.0	4.0	2.6	7.7	13
1.8	22.2	4.5	2.8	7.1	14
2.0	20.0	5.0	3.0	6.7	15
2.2	18.2	5.5	3.2	6.3	16
2.4	16.7	6.0	3.4	5.9	17
2.6	15.4	6.5	3.6	5.5	18
2.8	14.3	7.0	3.8	5.3	19
3.0	13.3	7.5	4.0	5.0	20
3.2	12.5	8.0	4.2	4.8	21
3.4	11.6	8.5	4.4	4.5	22
3.6	11.1	9.0	4.6	4.3	23
3.8	10.5	9.5	4.8	4.1	24
4.0	10.0	10.0	5.0	4.0	25
4.2	9.5	10.5			

Die früher erwähnten Sorten Darrmalz und Grünmalz zeigten das Fermentativvermögen F. J. und F. M.

	F. J.	F. M.	F. J. dividiert durch F. M.
Das zu den Versuchen benützte Malz .	36.4	11.1	3.28
Darrmalz I	37.0	7.2	5.00
„ II	30.3	6.3	4.8
„ III	21.8	4.9	4.4
Grünmalz I	57.5	18.2	3.2
„ II	63.7	21.4	3.0
„ III	69.8	22.6	3.1
„ IV	71.4	23.7	3.0
„ V	76.9	28.9	3.1

Bei gutem Grünmalz ist das Fermentativvermögen F. J. ziemlich konstant 3.0—3.2mal grösser als F. M., bei verschiedenen Sorten Darrmalz kommen grössere Unterschiede vor, d. h.

bei ihnen ist die Fähigkeit, die Stärke bis zum Verschwinden der Jodreaktion abzubauen, verschieden von der, das Maximum an Maltose zu bilden. Den geringsten Unterschied zeigt das helle Pilsener Malz, den grössten das stärker gedarrte Darrmalz No. I. Man wird also bei Darrmalz aus der Bestimmung von F. J. und F. M. über das Verhältnis des Zuckerbildungs- zum Stärkeumwandlungsvermögen Aufschluss gewinnen können.

Bei einem Fermentativvermögen des Malzes F. M. über 20 kann man beim Abmessen des Auszuges 1 : 200 um je 0.1 ccm vorschreiten und erhält dann auch unzweifelhafte Unterschiede im Reduktionsvermögen der verzuckerten Flüssigkeit. Die Unterschiede im Verbrauch an Malztrockensubstanz betragen dann je 0.25 % und das Fermentativvermögen ist bei: 1.2 ccm = 33.3, 1.3 = 30.7, 1.4 = 28.6, 1.5 = 26.6, 1.6 = 25 usw. Bei einem Fermentativvermögen unterhalb 20 oder über 5 % Malzverbrauch muss man um 0.2 ccm vorschreiten, wenn man über die Endreaktion nicht im Zweifel sein will.

Das Fermentativvermögen F. M. in einem Gemisch der Auszüge von Malz und ungekeimter Gerste.

Es wurde ebenso verfahren wie bei der Bestimmung nach der Jodmethode, und zwar mit denselben Auszügen und Gemischen.

Auszug von:	Konzentration des Auszuges	F. M. gefunden	F. M. berechnet	Mehr gefunden als berechnet	Wenn berechnet = 100, ist gefunden
100 Malz	1 : 200 = ccm	3.6	11.1	—	—	100
80 Malz und 20 Gerste	1 : 200 = „	4.2	9.1	8.9	0.2	103
60 „ „ 40 „	1 : 100 = „	2.4	8.3	6.7	1.6	124
40 „ „ 60 „	1 : 100 = „	3.2	6.2	4.4	1.8	142
20 „ „ 80 „	1 : 50 = „	2.9	3.4	2.2	1.2	156
10 „ „ 90 „	1 : 50 = „	4.9	2.0	1.1	0.9	185

Nach Abzug der auf den Malz- und Gersteauszug selbst treffenden Maltosemengen vermindert sich F. M. bei dem ersten Gliede der Reihe um 0.2, bei dem letzten um 0.04, so dass, wenn man dies auch berücksichtigt, das Bild sich nicht wesentlich ändert. Da der Gersteauszug selbst ein ziemlich starkes Zuckerbildungsvermögen hat, so beteiligt sich hier der Gersteauszug stärker an der Mischwirkung als bei der Jodmethode; es war

in den angegebenen Gemischen das gefundene Fermentativvermögen dem berechneten gegenüber (= 100):

F. J. . .	105	122	125	125	142
F. M. . .	103	124	142	156	185

Bei F. M. steigt die Mitwirkung der Gerste bei den Endgliedern der Reihe stärker als bei F. J. Man kann aber auch bei der Bestimmung der Fermentativkraft aus dem Reduktionsvermögen der verzuckerten Stärke nach dieser Methode niemals finden, dass Darrmalz und ungekeimte Gerste das gleiche Fermentativvermögen besitzen, weil bei Einwirkung von Gersteauszug die Endreaktion überhaupt nicht erzielt werden kann.

Würde man nach einer der Methoden von Lintner, Sykes und Mitchell oder Evans gefunden haben, dass ein Darrmalz und eine Gerste die gleiche Fermentativkraft besitzen, so wird man auch für ein Gemisch von 90 Teilen Gerste und 10 Teilen Malz die gleiche Fermentativkraft finden; nach meiner Methode aber findet man z. B. für das von mir verwendete Malz F. M. 11.1, für Gerste 0 und für das angegebene Gemisch, das F. M. = 1.1 haben soll, 2.0.

Die Jodmethode ist einfacher auszuführen als die Reduktionsmethode, und wenn auch beide Methoden bei Darrmalz zu verschiedenen Werten führen, so wird, soweit es sich um vergleichende Untersuchungen handelt, auch bei diesem die Jodmethode den Vorzug verdienen.

Zur Begründung der Zweckmässigkeit meiner Vorschrift, bei allen Fermentativbestimmungen die gleiche Konzentration und die Verzuckerungstemperatur von 55° C. einzuhalten, teile ich noch die folgenden Versuchsergebnisse mit.

Wenn das Gesamtvolumen der Flüssigkeit 11.5, 15, 20 ccm betrug, so waren F. J. und F. M.:

	11.5 ccm		15 ccm		20 ccm	
°C.	F. J.	F. M.	F. J.	F. M.	F. J.	F. M.
45	26.8	8.2	22.2	10.0	19.0	11.1
50	28.6	8.7	26.8	10.5	23.5	11.7
55	36.4	10.5	30.1	11.1	26.8	13.3
57	33.3	8.3	30.1	9.5	26.8	11.7
60	30.8	6.0	28.6	8.0	25.0	9.5

Auch aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass bei allen Temperaturen von 45—60° C. F. J. mit zunehmender Verdünnung, und zwar ziemlich stark geringer wird; dagegen steigt unter gleichen Umständen F. M., und zwar wird bei Verdoppelung

des Volumens, wenn man die Werte für die einfache Menge (10 ccm) = 100 setzt, bei den Temperaturen 45, 50, 55, 57, 60° C.

F. J. . .	70	83	74	81	81
F. M. . .	135	135	126	140	158

Der Umstand, dass Maltoselösungen nebenbei auch um so stärker die Fehlingsche Lösung reduzieren, je verdünnter diese ist (Soxhlet),[1]) fällt nicht viel ins Gewicht, da der Reduktionswert der Maltose bei Vervierfachung der Verdünnung von 100 auf 105.2 steigt. Aus der Zusammenstellung ergibt sich weiter, dass für die angegebenen Verdünnungen das Optimum der Temperatur sowohl für die Erreichung des achromatischen Punktes als für den höchsten Verzuckerungsgrad bei 55° C. liegt.

II. Abhängigkeit der Diastasebildung vom Wassergehalt der keimenden Gerste.

Über den Wassergehalt, den Braumalz vor und während des Keimprozesses haben soll, sagt ein Praktiker Fritz Emslander:[2]) „Zahlenmässig festzusetzen, wieviel Wasser von der Gerste jeweils aufgenommen werden soll, ist bis heute nicht gelungen; 46—50 % hat praktische Erfahrung gelehrt.“ Ebenso wie die Menge des von der Gerste aufgenommenen Wassers wird für den Verlauf des Keimprozesses und die Diastasebildung auch sein, ob während dieses Vorganges der Wassergehalt vermehrt oder vermindert wird.

Um Änderungen im ursprünglichen Wassergehalt der eingequellten Gerste hintanzuhalten, wird man den Keimprozess so leiten müssen, dass in dem Raum, in dem die Keimung vor sich geht, wohl eine ausreichende und stetige Lufterneuerung stattfindet, die keimenden Samen aber weder Wasser aufnehmen noch abgeben können. Da weiter der Verlauf der Keimung und auch der der Diastasebildung von der Temperatur abhängt, so wird auch für Einhaltung einer bestimmten Temperatur Sorge getragen werden müssen.

Diesen Forderungen wird nur ein Keimraum entsprechen, der

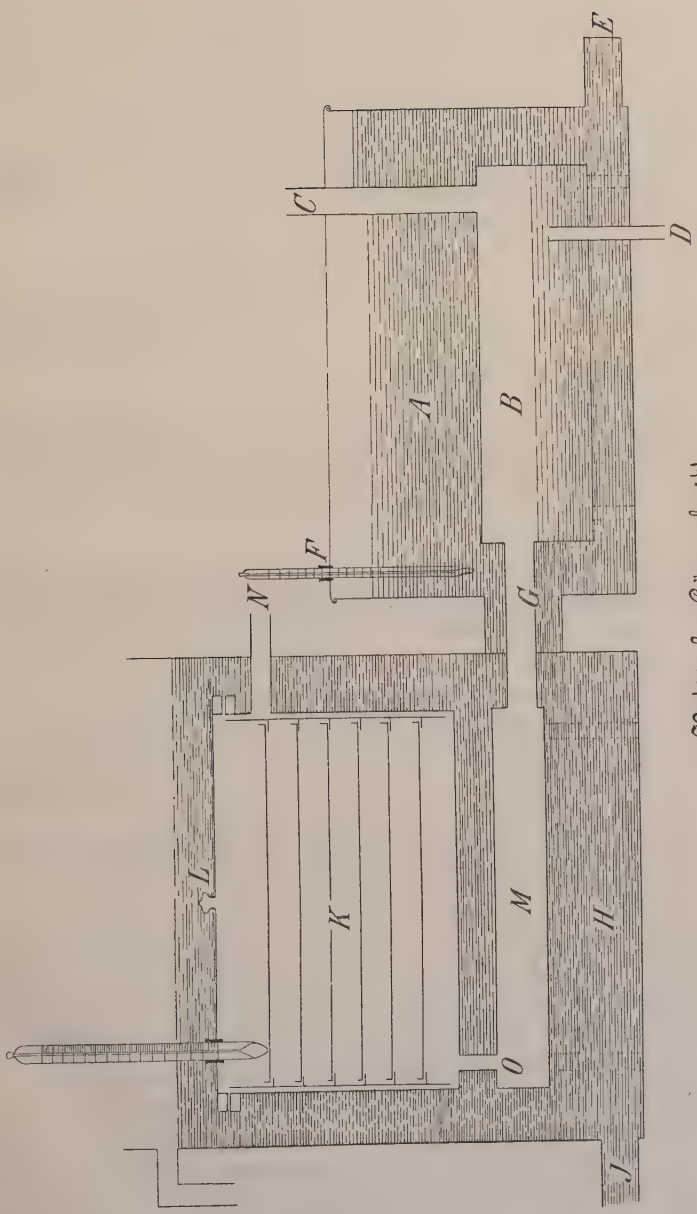
a) genügend ventiliert,
b) auf konstante Temperatur erhalten wird und bei dem
c) die eintretende Luft immer mit Feuchtigkeit vollkommen gesättigt ist.

---

[1]) Soxhlet, Journal für pr. Chemie 1879, Bd. XXI.
[2]) Emslander, Zeitschr. für das ges. Brauwesen 26. Jahrg., 1903, S. 73.

Lässt man Luft über Wasserflächen oder feuchte Stoffe streichen, so gelingt es niemals, sie mit Feuchtigkeit vollständig zu sättigen. Eine völlige Sättigung mit Wasserdampf gelingt nur dann, wenn Luft von höherer Temperatur möglichst mit Wasserdampf gesättigt und dann auf niedrigere Temperatur abgekühlt wird, so dass durch Taubildung eben nur der Überschuss von Wasserdampf abgegeben wird; selbstverständlich darf in keinem Teile der Vorrichtung die durchstreichende Luft an irgend einer Stelle unter die sonst eingehaltene Temperatur abgekühlt werden, sonst tritt dort Taubildung ein und die Luft wird, wenn sie an anderer Stelle wieder erwärmt wird, ungesättigt sein und auf feuchte Stoffe, wenigstens nach längerer Zeit, noch austrocknend wirken.

Eine Einrichtung, die den hier gestellten Forderungen vollkommen gerecht wird, hat Herr Prof. Dr. v. Soxhlet für ähnliche Zwecke schon früher konstruiert und mir für meine Versuche zur Verfügung gestellt. Dieser Keimapparat besteht aus zwei Teilen (siehe den senkrechten Längsschnitt der Fig. 3); der Vorwärmer A ist ein rechteckiges Gefäss, das zu $^5/_6$ mit Wasser gefüllt wird. An der einen Längsseite hat es eine sackartige Erweiterung, in der ein Soxhletscher Temperaturregulator befestigt ist. Der Luftraum B ist vollständig von Wasser umgeben und durch das Lufteinströmrohr C mit der Aussenluft in Verbindung. Dieser Luftraum wird einige Zentimeter hoch mit Wasser gefüllt, und zwar höher als das Ende des in den Raum reichenden Rohres D. Durch Ablassen von Wasser aus Rohr D kann man sich davon überzeugen, dass genügend Wasser im Luftraum B enthalten ist. E ist ein Rohrstutzen zur Entleerung des äusseren Wassergefässes, F ein Rohrstutzen im abnehmbaren Deckel, bestimmt zur Aufnahme eines Thermometers. Rohr G, von dem Wasser des Vorwärmers umspült, verbindet diesen mit dem 2. Teil, dem Keimraum. Dieser besteht aus dem äusseren Wassergefäss H mit sackartiger Erweiterung für den Temperaturregulator, dem Ablassrohr J und aus dem eigentlichen Keimraum K. Dieser ist durch den aufgeschliffenen eingefetteten Deckel L luft- und wasserdicht zu verschliessen. Luftraum M dient zur Taubildung für die dort eintretende wärmere, aus dem Vorwärmer kommende Luft. Das Luftaustrittsrohr N ist mit einem oder mehreren Tropfaspiratoren verbunden. Wenn die Keimtemperatur 10, 17.5, 23° C. sein soll, muss das Wasser im Vorwärmer auf 30, 35,



Verticaler Längsschnitt

Fig. 3. (1/8 der nat. Grösse.)

45° C. erhalten werden. Die durch den Tropfaspirator bei N angesaugte Luft strömt bei C ein, wird hier, wenn im Keimraum eine Temperatur von 17.5° C. herrschen soll, auf 35° C. erwärmt, streicht über das ebenso warme Wasser, sättigt sich für diese Temperatur unzureichend mit Wasserdampf, tritt bei G in den Vorraum M des Keimraumes K, kühlt sich dort auf 17.5° C. ab, verliert den Wasserüberschuss durch Taubildung, und wenn sich dort Wasser ansammelt, fliesst es nach B zurück; die jetzt mit Wasserdampf vollkommen gesättigte Luft tritt durch O in den eigentlichen Keimraum, der allseitig von Wasser mit der Temperatur 17.5° C. umgeben ist. Zur Erhaltung dieser Temperatur oder einer niedrigeren (10° C.) muss, wenn die Aussentemperatur höher ist, das Wasser beständig durch Zufluss von kaltem Wasser gekühlt werden, während die durch den Regulator in ihrer Stärke regulierte Gasflamme für die Erwärmung und die Regulierung sorgt. Um an allen Stellen im Wassergefäss und damit auch im Keimraum Gleichmässigkeit der Temperatur zu erzielen, werden für den Wasserzulauf die Fallröhren von 6 Tropfaspiratoren benützt, die Wasser und Luft an 6 verschiedenen Stellen nahe am Boden zuführen. Die aufsteigenden Luftblasen halten das Wasser in ständiger lebhafter Bewegung. Soll der Keimraum geöffnet werden, dann senkt man eine mit Tubulus am Boden versehene, durch einen Schlauch mit J verbundene Flasche, so dass sich der Wasserraum zum Teil entleert, und hebt den aufgeschliffenen Deckel ab; nach dem Aufreiben des eingefetteten Deckels stellt man die Flasche wieder höher und überschichtet so den Deckel wieder mit Wasser.

In den Keimraum kann ein Gestell mit Messingdrahthorden eingestellt werden.

Der Apparat wurde in folgender Weise geprüft: Die 6 Keimhorden wurden mit einer gewogenen Menge durchfeuchteten Filtrierpapiers beschickt, in einem verschlossenen Kasten gewogen, 4 Tage in den Keimraum gestellt und so viel Luft durchgesogen, dass die Luft alle 2 Stunden erneuert wurde; diese Luftzufuhr genügt reichlich für die grösste Menge keimender Samen, die sich auf den Horden unterbringen lässt. 27.5 g durchfeuchtetes Filtrierpapier hatten nach 1, 2, 3, 4 tägigem Verweilen im Kasten ein Gewicht von 27.5, 27.5, 27.4, 27.4 g. Die Gewichtsabnahme von 0.4 % war auf das viermalige Öffnen des Keimraumes und auf das Verdunsten während des Wägens zurückzuführen. Ein

anderer Versuch wurde mit Gerste angestellt, die $2^1/_2$ Tage in Sublimatlösung (0.3 %) 60 Stunden lang eingeweicht worden war; 260 g der stark gequellten Gerste hatten nach 8 Tagen und nach 3 Wochen ihr Gewicht nicht verändert.

Die zu meinen Versuchen benützte Gerste hatte 7 Wochen nach der Ernte eine Keimfähigkeit von 95, nach 5 Monaten von 99, bei einer Keimungsenergie von 98 %; Gewicht von 1000 Körnern 42.00 g, Hektolitergewicht 71.75 kg, 42 % mehlig, 50 % übergehend, 8 % glasig; Gehalt an Protein 10.36 %, Fett 2.16 %, Stärke 68.6 %, Rohfaser 4.57 %, Asche 2.62 %; Wassergehalt nach der Ernte 15.16, nach 4 Wochen 13.69, nach 5 Monaten 12.50 %.

Quellversuche. Bei weniger als 5tägiger Weichdauer kam Vollweiche in Anwendung. Eine 10 g Trockensubstanz entsprechende Menge Körner wurde nach vorhergegangenem Waschen mit 15 ccm Wasser bei 13° C. in einem Keller mit konstanter Temperatur eingeweicht und das Wasser täglich erneuert. Bei mehr als 4tägiger Dauer der Weiche liess ich die Probe täglich nach dem Abgiessen des Wassers einige Stunden an der Luft liegen. Nach Ablauf der Weichzeit wurden die Körner mit Filtrierpapier abgetrocknet, gewogen, dann bei 100° C. bis zur Mahlbarkeit getrocknet, dann gemahlen und im lufttrockenen Mehl der Wassergehalt bestimmt.

Wassergehalt und Trockensubstanzverlust in Prozenten nach Stunden:

Weichdauer Stdn.	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
Wasser %	12.5	29.4	32.4	35.2	35.9	36.8	39.0	39.4	40.8	41.1
Trockensubstanzverlust %	—	0.05	0.1	0.3	0.35	0.35	0.4	0.47	0.55	0.66

Weichdauer Stdn.	60	72	84	96	108	132	156
Wasser %	42.85	43.95	44.5	45.25	46.19	47.85	48.4
Trockensubstanzverlust %	0.75	1.0	1.16	1.34	1.4	1.44	1.55

Die 156 Stunden eingeweichte „überweichte“ Gerste erlitt eine Einbusse an Keimfähigkeit von 12 %.

Bei höheren Weichtemperaturen 17.5, 25, 35° C. trat trotz 3—4maligen Wasserwechsels Säuerung mit beträchtlicher Schädigung der Keimkraft ein. Fluorammoniumzusatz vermochte die Säuerung zu unterdrücken, schädigte aber stark die Keimkraft.

Bei den folgenden Keimversuchen wurde die diastatische Kraft nach meinen beiden neuen Methoden und nach der Methode

von Lintner bestimmt; an dieser änderte ich nur das eine, dass ich des genaueren Abmessens wegen alle dort verwendeten Flüssigkeitsmengen verdoppelte. Nebenbei wurde festgestellt, dass auch bei der Lintnerschen Methode die Verzuckerungstemperatur nicht schlechtweg „Zimmertemperatur" sein darf, sondern dass die Temperatur 17.5° C. genau eingehalten werden muss, denn D_r nach Lintner war bei ein und demselben Auszug bei 10° C. = 16.4, bei 17.5° C. = 37.3, bei 21° C. = 43.5.

Der dem Versuchsplan entsprechende Wassergehalt wurde nach den in der mitgeteilten Tabelle angegebenen Quellzeiten zu erreichen versucht. Eine 10 g Trockensubstanz entsprechende Gerstemenge nach dem Einquellen zwischen Filtrierpapier abgetrocknet, wurde auf die Horden des Keimständers gebracht. Jede Horde war durch 1 cm hohe Messingstreifen in 4 Felder geteilt, von denen jedes zur Aufnahme einer Probe diente. Wegen der Gefahr des Ineinanderfilzens wurden nur auf den beiden obersten Horden alle Felder (kürzere Keimdauer) belegt, auf den anderen nur abwechslungsweise die diagonal sich gegenüberliegenden, so dass die 6 Horden 16 Proben aufnahmen.

In 2 Proben wurde zu Beginn des Versuchs der Wassergehalt bestimmt. Jeden zweiten Tag wurden aus dem Keimraum 2 Proben genommen und in einer das Fermentativvermögen, in der andern der Wassergehalt bestimmt. Der Versuch wurde beendigt, wenn eine deutliche Abnahme der diastatischen Kraft eingetreten war.

Vorher war zu ermitteln, ob nicht schon beim Weichprozess Diastasebildung eintritt. Wenn nach der F.-J.-Methode der Auszug von 100 Teilen Gerstetrockensubstanz auf 100 Teile Stärketrockensubstanz verwendet wurde, so färbte sich nach vollzogener Einwirkung die Lösung bei Anwendung des Auszuges von

roher Gerste dunkelviolett,
24 Stdn. geweicht: hellviolett,
48 „ „ „ rot mit Stich ins Violette.

Nach 48stündigem Weichen war also unzweifelhaft schon Bildung von Malzdiastase eingetreten. Die nämlichen Auszüge zeigten, nach der Lintnerschen Methode untersucht, ein Fermentativvermögen:

Rohe Gerste . . . . . $D_r = 58$
24 Stdn. geweicht . . . „ = 40
48 „ „ . . . „ = 33

Eine neue Reihe von Versuchen mit 17 verschiedenen Weichzeiten, beginnend mit 6 Stunden und endigend mit 126 Stunden, ergab eine ziemlich regelmässige Abnahme des Fermentativvermögens nach LINTNER von D_r 58 auf 20. Möglicherweise hängt das Schwächerwerden der Fermentativkraft, nach LINTNERS Verfahren bestimmt, trotz tatsächlicher Bildung von Malzdiastase davon ab, dass nach EFFRONT[1]) diejenigen Stoffe aus der Gerste ausgelaugt werden, die die Wirkung der Diastase begünstigen.

Keimversuche bei 17.5° C. mit Gerste von verschiedenem Wassergehalt.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen I—VI enthalten. Der Wassergehalt der lufttrockenen Gerste betrug 12.50 %; abgewogen wurden je 11.43 g = 10 g Trockensubstanz und das Fermentativvermögen sowohl auf Gerste- als auf Malztrockensubstanz berechnet. Das Fermentativvermögen D_r nach LINTNER war bei der ungekeimten Gerste 58, nach 12- und 18stündiger Weichdauer ebenso, nach 48stündiger 40 und nach 72stündiger 49.

Tabelle I.

Weichdauer bei 13° C. 12 Stunden. Wassergehalt 32.4 %, Weichverlust 0.1 % Trockensubstanz. — Nach 10 Tagen Beginn des Spitzens und Weicherwerden der Körner infolge Vordringens des Wassers nach innen. Nach 15 Tagen Länge der Würzelchen $^1/_2$—$^3/_4$, des Blattkeims $^1/_4$ der Kornlänge. Nach 20 Tagen keine Weiterentwicklung.[2])

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach LINTNER	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach LINTNER
15	9.72	33.87	2.68	26	7.8	61	27	8.24	62
20	9.67	34.00	3.21	26	7.8	61	27	8.27	62

Tabelle II.

Weichdauer bei 13° C. 18 Stunden, Wassergehalt 35.3 %, Weichverlust 0.3 % Trockensubstanz. — Nach 2 Tagen gleichmässiges Spitzen, nach 8 Tagen Würzelchen $^3/_4$, Blattkeim $^1/_4$ Kornlänge. Nach 12 Tagen Beginn von Schimmelbildung, nach 14 Tagen Wurzelspitzen gelbbraun.

[1]) EFFRONT, a. a. O. S. 144.

[2]) Eintreten von Schimmelbildung und Absterben der Wurzelhaare.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	Dr nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	Dr nach Lintner
2	9.91	35.4	0.6	10	4.4	38	10	4.48	39
4	9.87	35.23	1.0	20	5.7	54	20	5.8	55
6	9.81	35.3	1.6	23	7.4	54	24	7.6	55
8	9.72	35.7	2.61	24	9.5	55	25	9.8	57
10	9.60	35.87	3.72	29	10.5	61	30	11.0	63
12	9.58	36.42	3.92	24	7.8	57	25	8.3	60
14	9.59	36.4	3.82	24	7.7	57	25	8.0	60

Tabelle III.

Weichdauer bei 13° C. 48 Stunden. Wassergehalt 40.7 %, Weichverlust 0.5 % Trockensubstanz. — Nach 2 Tagen Würzelchen $^3/_4$, Blattkeim $^1/_4$, nach 4 Tagen 1 und $^1/_2$, nach 6 Tagen 1—$1^1/_2$ und $^1/_2$—$^3/_4$ Kornlänge. Nach 10 Tagen dumpfiger Geruch, nach 12 Tagen Schimmelbildung.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	Dr nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	Dr nach Lintner
2	9.78	40.9	1.71	19	6.23	59	20	6.4	60
4	9.73	41.17	2.22	25	7.0	54	26	7.0	56
6	9.66	41.09	2.92	36	9.5	74	38	9.9	77
8	9.52	41.7	4.4	40	10.5	80	42	11.0	83
10	9.46	41.8	4.95	31	9.1	74	33	9.6	78
12	9.42	42.0	5.4	27	7.0	71	29	7.6	76

Tabelle IV.

Weichdauer bei 13° C. 72 Stunden. Wassergehalt 43.8 %, Weichverlust 1.0 % Trockensubstanz. — Nach 2 Tagen Würzelchen über Kornlänge, Blattkeime $^1/_4$—$^1/_2$ Kornlänge. Nach 4 Tagen Würzelchen $1^1/_2$fache Kornlänge, Blattkeime $^1/_2$—$^3/_4$ Kornlänge. Nach 6 Tagen Würzelchen 2—$2^1/_2$fache Kornlänge, Blattkeime $^3/_4$ Kornlänge. Nach 10 Tagen dumpfiger Geruch, nach 12 Tagen Stillstand, Spitzen der Würzelchen gelbbraun und Schimmelbildung.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	Dr nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	Dr nach Lintner
2	9.75	44.32	1.52	22	6.5	75	23	6.8	77
4	9.61	44.23	2.93	40	12.0	80	42	12.6	83
6	9.53	45.0	3.74	47	13.0	83	50	13.6	88
8	9.49	44.9	4.15	40	12.0	87	43	12.7	91
10	9.28	45.5	6.27	35	11.0	83	38	11.6	89
12	9.17	45.8	7.38	33	10.5	83	36	11.5	89
14	9.16	45.9	7.48	31	9.5	77	33	10.3	83

Tabelle V.

Weichdauer bei 13° C. 108 Stunden. Wassergehalt 46.24 %, Weichverlust 1.4 % Trockensubstanz. — Nach 2 Tagen gleichmässiges Spitzen, nach 4 Tagen Würzelchen $1^1/_2$—2fache, Blattkeime $^3/_4$ Kornlänge. Nach 6 Tagen über 2fache und $^3/_4$, nach 8 Tagen über 3fache Kornlänge der Würzelchen. Nach 10 Tagen unregelmässige und schwache Weiterentwicklung der Würzelchen, einige Blattkeime über Kornlänge. Nach 12 Tagen erreichte die Mehrzahl der Blattkeime Kornlänge, Schimmelbildung. Nach 14 Tagen ungleichmässige Weiterentwicklung der Blattkeime bis zur 2fachen Kornlänge.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
2	9.76	46.17	1.1	19	6	71	19	7	73
4	9.51	46.9	3.6	33	11	91	35	11	97
6	9.47	46.9	3.96	38	12	91	47	12	98
8	9.31	47.29	5.6	36	12	83	39	13	89
10	9.20	47.5	6.7	36	12	83	39	13	91
12	9.06	48.3	8.12	29	11	71	32	12	79
14	8.89	48.1	9.9	27	10	71	30	11	81

Tabelle VI.

Weichdauer bei 13° C. 156 Stunden. Wassergehalt 48.02 %, Weichverlust 1.6 % Trockensubstanz. — Das Spitzen begann schon während der Luftwasserweiche. Würzelchen nach 2 Tagen dünn, $1^1/_2$—2fache und Blattkeime $^1/_2$—$^3/_4$fache Kornlänge, Keimung unregelmässig. Nach 4 Tagen Würzelchen 3—$3^1/_2$, Blattkeime 1, nach 6 Tagen 4fache und 1—$1^1/_4$ Kornlänge. Nach 8 Tagen Würzelchen 3 cm und Blattkeime ca. 1.5 cm. Nach 10 Tagen Würzelchen bis über 3 cm, Blattkeime unmerklich weiter entwickelt, etliche Körner schimmelig. Nach 12 Tagen Braunwerden der Wurzelspitzen, nach 14 Tagen Weiterentwicklung einiger Blattkeime und Schimmelbildung.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
2	9.64	48.11	2.0	4	—	55	4.5	—	57
4	9.49	48.6	3.56	22	7.0	63	23.0	7.5	66
6	9.39	49.0	5.5	25	8.7	86	36.0	9.25	89
8	9.20	49.6	6.52	27	8.7	74	29.0	9.5	77
10	9.01	50.0	8.54	27	8.7	77	29.0	10.0	85
12	8.94	50.6	9.2	27	8.0	77	28.0	8.9	86
14	8.75	51.2	11.1	25	8.0	66	29.0	9.0	76

Bei einem geringeren Wassergehalt als 32.4 % (12stündige Weiche), nämlich bei einem Wassergehalte von 29.40, wie er nach 6stündiger Weiche bei 13° C. erhalten wurde, keimte die Gerste auch nach 3 Wochen nicht.

Für die Schlussfolgerungen, die sich auf die Fermentativkraft beziehen, wurden die auf Gerstetrockensubstanz berechneten Werte benützt, also die Frage beantwortet, wieviel Malzdiastase sich aus einem bestimmten Gewicht Gerstetrockensubstanz gebildet hat.

1. Da die keimenden Körner kein Wasser aufnehmen oder abgeben konnten, war die Gewichtsabnahme durch die veratmete Trockensubstanz hervorgerufen. Demgemäss musste der Wassergehalt in Prozenten zunehmen. Von 100 Teilen Trockensubstanz gingen beim Keimen verloren und der prozentische Wassergehalt hat zugenommen:

Bei einem	Wassergehalt	von	32.4 %	in	20	Tagen	um	3.21 %.
„ „	„	„	35.3 „	„	14	„	„	3.82 „
„ „	„	„	40.7 „	„	12	„	„	5.40 „
„ „	„	„	43.8 „	„	14	„	„	7.48 „

Je höher der Wassergehalt, desto grösser der Trockensubstanzverlust.

2. Bei einem Wassergehalt der keimenden Gerste von 32.4 %, bei dem das Spitzen erst nach 10 Tagen eingetreten war, war das Maximum des Fermentativvermögens nach 15 Tagen erreicht. F. J. stieg von 0 auf 26, F. M. von 0 auf 7.8, während es, nach Lintner bestimmt, von 58 auf 62 stieg.

Bei 35.3 % Wassergehalt (Weichdauer 18 Stunden) stieg das Fermentativvermögen F. J. von 0 nach 2 Tagen auf 10, erreichte nach 10 Tagen den höchsten Wert 29, F. M. von 0 nach 2 Tagen auf 4.4 und erreichte ebenfalls nach 10 Tagen das Maximum von 10.5; dagegen war nach Lintner bei der eingeweichten Gerste $D_r = 58$ und das ebenfalls nach 10tägiger Keimung eingetretene Maximum 61.

Bei 40.7 % Wassergehalt (Weichdauer 48 Stunden) stieg F. J. von 0 nach 2 Tagen auf 19, erreichte nach 8 Tagen das Maximum von 40; F. M. stieg von 0 nach 2 Tagen auf 6.23, erreichte nach 8 Tagen das Maximum von 10.5, während nach Lintner D_r bei der rohen Gerste 58, bei der eingeweichten 40, bei der 2 Tage lang gekeimten 59 war und ebenfalls nach 8 Tagen die Höchstzahl von 80 erreichte.

Bei 43.8 % Wassergehalt (Weichdauer 72 Stunden) stieg F. J. von 0 nach 2 Tagen auf 22 und hatte nach 6 Tagen das Maximum von 47 erreicht; F. M. stieg von 0 nach 2 Tagen auf 6.5 und hatte ebenfalls nach 6 Tagen den Höchstwert 13 erreicht; nach Lintner betrug D_r bei roher Gerste 58, bei geweichter 49, nach 2tägigem Keimen 75 und hatte nicht nach 6, sondern nach 8tägigem Keimen den Höchstwert 87 erreicht.

Bei 46.24 % Wassergehalt (Weichdauer 108 Stunden) stieg F. J. von 0 nach 2 Tagen auf 19 und hatte nach 6 Tagen das Maximum erreicht mit 38; F. M. stieg von 0 nach 2 Tagen auf 6.0 und hatte das Maximum nach 6 Tagen mit 12.0 erreicht; nach Lintner betrug D_r bei roher Gerste 58, bei der geweichten 37, stieg nach 2 Tagen auf 71, erreichte nicht nach 6, sondern schon nach 4 Tagen das Maximum 91.

Bei 48.02 % Wassergehalt (Weichdauer $6^1/_2$ Tage, Luftwasserweiche) stieg F. J von 0 nach 2 Tagen auf 4.0 und erreichte das Maximum nach 8 Tagen mit 27; F. M. stieg von 0 (nach 2 Tagen verunglückt) nach 8 Tagen auf 8.7; nach Lintner betrug D_r bei roher Gerste 58, bei geweichter 12.5, stieg nach 2 Tagen auf 55 und erreichte das Maximum statt nach 8 nach 6 Tagen mit 86.

Die Höchstwerte an diastatischer Kraft wurden erreicht

bei einem Wassergehalt von	32.4	35.3	40.7	43.8	46.24	48.02 %
und einer Weichdauer (13° C.) von Stdn.	12	18	48	72	108	156
mit F. J.	26	29	40	47	38	27
mit F. M.	7.8	10.5	10.5	13	12	8.7
nach Tagen	15	10	8	6	6	6

Der Höchstwert für die diastatische Kraft F. J. = 47 und F. M. 13 wurde bei einem Wassergehalte der Gerste von 43.8 (72stündige Vollweiche bei 13° C.) erzielt, und zwar in der kürzesten Zeit, in 6 Tagen. Bei einem anderen Wassergehalt war das erreichte Maximum niedriger und es wurde, ausgenommen der Wassergehalt 46.24 %, auch erst nach längerer Zeit erreicht.

3. Im allgemeinen besteht Übereinstimmung zwischen Fallen und Steigen von F. J. und F. M., wenn auch nicht immer in gleichem Verhältnis; das Maximum wird aber nach beiden Methoden übereinstimmend nach einer bestimmten Zahl von Tagen gefunden. Das nach Lintner gefundene Maximum war bei einem Wassergehalt von 32.4, 35.3, 40.7 und 48.02 nach der gleichen Keimdauer (15, 10, 8, 6 Tagen), bei einem Wassergehalt von 43.8 % um 2 Tage später, bei 46.24 % um 2 Tage früher erreicht.

4. Schon 2 Tage nach erreichtem Maximum sinkt die Fermentativkraft beträchtlich, wovon nur die Gerste mit dem höchsten Wassergehalt (48.02 %) eine Ausnahme macht; sie geht nach dieser Zeit herab bei einem Wassergehalt

von	35.3	40.7	43.8	46.24	48.02 %
vom Maximum F. J. .	29	40	47	38	27
auf F. J.	24	31	40	36	27
das Maximum F. M. .	10.5	10.5	13	12	8.7
auf F. M.	7.8	9.1	12	10	8.7

5. Bei einem Übermafs an Wasser leidet die Keimfähigkeit; bei dem Wassergehalt von 48.02 % keimten 12 % der Körner nicht. Darauf allein ist aber in diesem Falle die geringe Diastasebildung nicht zurückzuführen, denn bei dem nur um 1.78 % niedrigeren Wassergehalt von 46.24 %, wo noch alle Körner gekeimt hatten, war das Maximum von F. J. nur 27, während, wenn alle Körner gekeimt hatten, eine Fermentativkraft F. J. von 33.44 zu erwarten gewesen wäre.

Äusserer Umstände wegen konnten nur noch 2 Keimversuche ausgeführt werden, einer bei niedriger, einer bei höherer Temperatur.

Keimversuch bei 10° C.

Da bei niedriger Temperatur die Keimung wesentlich langsamer vor sich geht und die Keimversuche bei 17.5° C. gelehrt haben, dass das Maximum der diastatischen Kraft rascher bei höherem Wassergehalt erreicht wird, so wurde hier der höchste erreichbare Wassergehalt von 48.34 % gewählt.

(Siehe Tabelle VII auf S. 35.)

F. J. war nach 4tägiger Keimdauer von 0 auf 5.5 gestiegen (F. M. nicht festgestellt), das Maximum war erreicht nach 16 Tagen mit 47 für F. J. und 15 für F. M.; nach Lintner war D_r bei roher Gerste 58, bei der geweichten 12.5 (!), nach 4tägiger Keimdauer 59, und das Maximum war nach ebenfalls 16 Tagen mit 94 erreicht.

Bei der niedrigen Keimtemperatur von 10° C. wurde bei dem höchsten erreichbaren Wassergehalt (48.34 %) eine grössere Menge Malzdiastase gebildet als bei annähernd gleichem Wassergehalt bei 17.5° C. (F. J. 47 gegen 27, F. M. 15 gegen 8.7); ebensoviel wie bei dem Wassergehalt von 43.8 % bei der Keimtemperatur von 17.5° C. Das Maximum war aber hier in 16,

bei 17.5° C. schon in 6 Tagen erreicht. Da bei gleichen Höchstwerten für F. J. bei niedriger Temperatur ein höherer Wert für F. M. erreicht wird, so hat es den Anschein, als ob eine niedrigere Keimtemperatur die Fähigkeit, Maltose zu bilden, stärker begünstigt als das Stärkeumbildungsvermögen schlechtweg. Auch bei niedriger Keimtemperatur sinkt nach erreichtem Maximum schon nach 2 Tagen die diastatische Kraft merklich: F. J. von 47 auf 40, F. M. von 15 auf 14; ebenso auch nach Lintner D_r 94 auf 77. Auch bei der niedrigen Keimtemperatur konnte das Maximum an diastatischer Kraft nicht erreicht werden, weil durch das übermässige Weichen 15 % der Körner der Keimkraft beraubt werden.

Tabelle VII.

Weichdauer 156 Stunden. Wassergehalt 48.34 %, Weichverlust 1.63 % Trockensubstanz. — Nach 2 Tagen wie nach der Weiche, nämlich schwaches Spitzen. Nach 4 Tagen brechen bei 60 % die dünnen Würzelchen um $1^1/_2$ und bei 40 % bis zur $^1/_2$ Kornlänge hervor. Nach 8 Tagen Würzelchen 2—$2^1/_2$fache und Blattkeime $^1/_4$—1 Kornlänge. Nach 10 Tagen Würzelchen 3—4fache Kornlänge. Ungleichmässige Entwicklung. Nach 12 Tagen Würzelchen über 4- und Blattkeime $^1/_4$—$1^1/_2$fache, nach 14 Tagen $4^1/_2$- und 2—3fache Kornlänge. Nach 16 Tagen Blattkeime 3fache, nach 18 und 20 Tagen teilweise 4fache Kornlänge.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Von der Tr.-S. gingen verloren %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
4	9.68	48.8	1.53	5.5	—	59	5.7	—	61
8	9.45	49.6	3.87	21.0	7.4	77	22.0	7.8	82
10	9.33	49.9	4.89	33.0	10.8	88	36.0	12.0	94
12	9.22	50.3	6.2	33.0	10.8	88	36.2	12.0	95
14	9.17	50.0	6.8	36.0	11.8	88	44.0	13.0	95
16	9.01	50.3	8.35	47.0	15.0	94	53.0	17.0	106
18	8.89	51.0	9.6	40.0	14.0	77	45.0	16.0	89
20	8.88	51.07	9.5	31.0	11.0	76	35.0	13.0	88

Keimversuch bei 23° C.

Da bei dieser hohen Keimtemperatur schon nach 6 Tagen sehr starke Schimmelbildung eingetreten war, konnte der Versuch nicht auf längere Zeit ausgedehnt werden. Der niedrige Wassergehalt von 40.8 % wurde gewählt, um den Keimprozess möglichst zu verlangsamen.

Tabelle VIII.

Weichdauer 48 Stunden. Wassergehalt 40.8 %, Weichverlust an Trockensubstanz 0.4 %. — Nach 2 Tagen Würzelchen 1—1½fache Kornlänge, Blattkeime ¼ Kornlänge. Die Keimung stand schon nach 4 Tagen still, wenn die Würzelchen die 2fache, der Blattkeim ½ Kornlänge hatten. Starke Schimmelbildung und Braunwerden der Wurzelspitzen schon nach 6 Tagen.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Tr.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf:					
				Gerstetrockensubst.			Malztrockensubstanz		
				F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
2	9.76	40.98	2.01	19	6.6	50	20	6.8	51
4	9.60	41.7	3.72	23	7.0	63	24	7.5	65
6	9.55	41.8	4.12	29	8.0	69	30	8.4	71

F. J. war nach 2 Tagen von 0 auf 19, F. M. auf 6.6 gestiegen; das Maximum war am Ende des Versuches nach 6 Tagen mit 29 für F. J. und 8 für F. M. erreicht. D_r nach Lintner war bei roher und geweichter 56, nach 2tägiger Keimung 50, das Maximum 69.

Da die allgemeine Erfahrung und auch die Ergebnisse meiner Versuche gezeigt haben, dass rasches Wachstum der Diastasebildung oder Diastaseanhäufung nachteilig ist, so wurde nach verschiedenartigen Anordnungen versucht, das Wachstum durch beschränkten Luftzutritt zu verzögern: zeitweises Überleiten von Wasserstoff oder zeitweises luftdichtes Abschliessen der Keimproben. Diese Versuche waren indes ohne Erfolg, da sich bei diesen Eingriffen nach kurzer Zeit starke Säurebildung einstellte.

Versuche ohne Einquellen, aber mit wiederholter Wasserzufuhr während des Keimprozesses.

Lange fortgesetztes Weichen bewirkt trotz häufigen Wasserwechsels Schädigung der Keimkraft. Ohne jedes Einquellen lässt sich nicht nur eine genügende, sondern sogar eine sehr starke Wassereinlagerung durch Benetzen mit zerstäubtem Wasser erzielen. Zu den nach dieser Anordnung ausgeführten Versuchen diente ein Soxhletscher Ventilationstrockenschrank.[1])

[1]) Soxhlet, Zeitschr. für angew. Chemie 1891, Heft 12, S. 363.

In 3 flache Kästen aus Weissblech wurde je eine 25 g Trockensubstanz entsprechende Menge lufttrockene Gerste gebracht und die Proben während der Keimung je nach der Keimtemperatur mehr oder weniger häufig mit so viel zerstäubtem Wasser durchfeuchtet, als die Körner aufnehmen konnten; bei jedesmaligem Bestäuben wurden die Körner mittelst eines Spatels gewendet. Vor der Prüfung der Proben auf die diastatische Kraft wurde das Gewicht festgestellt, 40 g zur Bereitung des Auszuges verwendet, im Rest der Wassergehalt bestimmt und danach die Konzentration des Auszuges berechnet. Die Versuche wurden bei 10, 17.5 und 23° C. angestellt. Zur konstanten Erzielung der Temperatur von 10° C. genügte es, wenn durch die Doppelwand des Trockenschrankes ein starker Strom Wasserleitungswasser geleitet wurde; bei den Temperaturen 17.5 und 23° C. floss Wasser in schwachem Strahl durch, und eine durch einen Soxhletschen Temperaturregulator regulierte Gasflamme bewirkte die Gleichmässigkeit der Temperatur.

Tabelle IX.

Je 25 g Gerstekörnertrockensubstanz = 28.58 g lufttrockene Gerste mit 12.5 % Wasser. Wasserzufuhr durch Bestäuben während der Keimung. — Nach 10 Tagen Würzelchen $2^1/_2$- und Blattkeime $1^1/_2$fache Kornlänge. Nach 14 Tagen Würzelchen und Blattkeime 3fache Kornlänge. Nach 18 Tagen Würzelchen 3fache Kornlänge und Blattkeime 4—5 cm.

Keimtemperatur 10° C.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Tr.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
10	22.84	62.1	9.04	44	12.6	101	48	14	111
14	21.70	68.3	13.20	46	13.7	100	53	16	113
18	19.24	69.4	23.04	63	25.6	122	82	33	156

Tabelle X.

Je 25 g Gerstekörnertrockensubstanz = 28.58 g lufttrockene Gerste mit 12.5 % Wasser. Wasserzufuhr durch Bestäuben während der Keimung. — Nach 4 Tagen Würzelchen $2^1/_2$- und Blattkeime $1^1/_2$fache Kornlänge. Nach 7 Tagen Würzelchen 4- und Blattkeime 3—4fache Kornlänge. Nach 12 Tagen Würzelchen 5fache Kornlänge und Blattkeime 5 cm.

Keimtemperatur 17.5° C.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Tr.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
4	23.97	58.6	4.12	21	8.0	74	22	8	76
7	22.25	71.4	11.00	34	10.4	89	38	12	100
12	19.7	76.8	21.2	24	8.3	—	31	—	—

Tabelle XI.

Je 25 g Gerstekörnertrockensubstanz = 28.58 g lufttrockene Gerste mit 12.5 % Wasser. Wasserzufuhr durch Bestäuben während der Keimung. — Nach 4 Tagen Würzelchen $2^1/_2$- und Blattkeime bis 2fache Kornlänge. Nach 6 Tagen Würzelchen 4- und Blattkeime 3—4fache Kornlänge. Nach 10 Tagen Würzelchen 4—5fache Kornlänge und Blattkeime durchschnittlich 5—6 cm. Keimtemperatur 23° C.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Tr.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf: Gerstetrockensubst. F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	Malztrockensubstanz F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
4	23.76	54.3	4.96	9.5	—	61	10	—	64
6	22.2	66.8	11.2	20.0	7.7	46	33	9	52
10	18.4	77.0	26.3	18.0	9.1	21	24	12	28

Wie die Rubrik für den Wassergehalt zeigt, konnte nach dieser Versuchsanordnung ein ungemein hoher Wassergehalt erzielt werden. Während man bei der Vollweiche nicht weit über 48 % kommt, ohne die Keimfähigkeit bedenklich zu schädigen, betrug hier der Wassergehalt bei 10° C. 62.1—69.4, bei 17.5° C. 58.6—76.8 und bei 23° C. 54.3—77.0 %. Dementsprechend waren auch die eingetretenen Trockensubstanzverluste enorm hoch: bei 10° C. nach 18 Tagen 23.04, bei 17.5° C. nach 12 Tagen 21.04 und bei 23° C. nach 10 Tagen 26.3 %. Bei 17.5 und 23° C. kam es nur zu einer verhältnismässig schwachen Diastasebildung; bei 10° C. wurde das überhaupt beobachtete Maximum an diastatischer Kraft, nämlich F. J. 63 und F. M. 25 erreicht. Der Vergleich der Werte für das Fermentativvermögen einmal berechnet auf Gerste-, das andere Mal auf Malztrockensubstanz, lehrt, dass es richtiger ist, die gebildeten Diastasemengen auf Gerstetrockensubstanz zu berechnen, denn F. J.

betrug am letzten Tage bei 10° C. auf Gerstetrockensubstanz berechnet 63, auf Malztrockensubstanz berechnet 82, bei 17.5° C. 24 und 31, bei 23° C. 18 und 24.

Keimversuche unter Wasser.

Weicht man Gerste in stehendem Wasser ein, so keimen die Körner nicht, auch wenn man das Wasser öfter wechselt; sie verlieren sogar, wie gezeigt worden ist, bei längerem Weichen an Keimkraft. Dagegen geht der Keimprozess ohne jede Störung vor sich, wenn man die Körner in lufthaltigem strömenden Wasser keimen lässt. Ich benützte dazu folgende Einrichtung, die aus der Zeichnung ohne weiteres verständlich ist (s. Fig. 4).

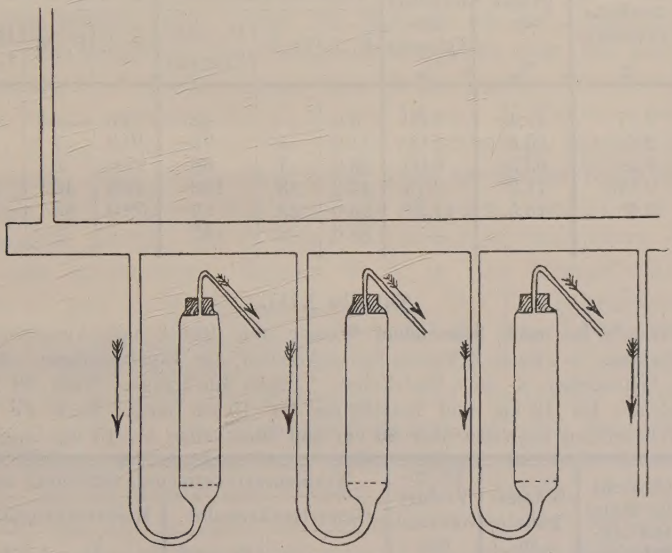


Fig. 4.

Durch eine Reihe zylindrischer Gefässe von ca. 300 ccm Inhalt, die mit Wasser vollständig gefüllt werden konnten, floss Wasser aus der Leitung. In jeden Zylinder wurde eine 10 g Trockensubstanz entsprechende Gerstemenge gebracht. Wenn in einer Probe die diastatische Kraft bestimmt wurde, wurde in einer anderen der Wassergehalt ermittelt. Die in fliessendem Wasser wachsenden Würzelchen waren unbehaart, während die in mit Wasserdampf gesättigtem Raume gewachsenen ungewöhnlich

stark behaart waren. In den Versuchen mit rasch fliessendem Wasser strömten durch jedes Gefäss 16.5 l, in dem mit geringerem Zufluss $^3/_4$ l in der Stunde. Bei den Versuchen mit geringerem Wasserzufluss mussten zur Erhaltung der Temperatur von 10° C. die Gefässe in fliessendes Wasser eingestellt werden.

In 2 Versuchen wurde das Tageslicht ausgeschlossen.

Tabelle XII.

Keimversuch in rasch fliessendem Wasser von 10° C. ohne Lichtabschluss. — Nach 3 Tagen Hervorbrechen der Wurzelspitzen. Nach 15 Tagen Würzelchen 9—12 cm und Blattkeime 3—5 cm lang.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	T.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf:					
				Gerstetrockensubst.			Malztrockensubstanz		
				F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
5	9.77	49.1	3.30	3.5	—	42	3.6	—	43
7	9.6	55.6	4.00	11.0	4	75	10.9	4	81
9	9.4	62.3	6.00	25.0	7	86	27.0	8	92
11	9.125	71.2	8.75	44.0	13	100	49.0	15	108
15	8.65	76.5	11.35	50.0	15	95	59.0	18	111
24	—	—	—	28.0	9	45	—	—	—

Tabelle XIII.

Keimversuch in rasch fliessendem Wasser von 10° C. mit Ausschluss des Tageslichtes. — Nach 3 Tagen Hervorbrechen der Wurzelspitzen. Nach 8 Tagen Würzelchen 4- und Blattkeime $^3/_4$fache Kornlänge. Nach 18 Tagen Würzelchen bis 18 cm und Blattkeime bis 10 cm lang. Nach 27 Tagen Würzelchen teilweise über 20 cm und Blattkeime bis 15 cm lang.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Tr.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf:					
				Gerstetrockensubst.			Malztrockensubstanz		
				F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
8	9.57	59.1	4.3	15	5	66	16	5.4	70
11	8.83	79.4	11.7	44	15	87	51	18.0	100
15	8.34	84.5	16.6	57	18	95	68	21.0	114
18	8.20	85.4	18.0	36	13	68	44	15.0	85
27	—	—	—	11	—	—	—	—	—

Tabelle XIV.

Keimversuch in langsam fliessendem Wasser von 10° C. mit Ausschluss des Tageslichtes. — Hervorbrechen der Wurzelspitzen erst nach 4—5 Tagen.

Nach 14 Tagen Würzelchen 6—10 cm und Blattkeime 3—5 cm lang. Nach 24 Tagen Würzelchen 12 cm und Blattkeime 14 cm lang.

Keimdauer in Tagen	Gewicht der Malztrockensubstanz g	Wassergehalt in %	Tr.-S.-Verlust während des Keimens %	Fermentativvermögen berechnet auf:					
				Gerstetrockensubst.			Malztrockensubstanz		
				F. J.	F. M.	D_r nach Lintner	F. J.	F. M.	D_r nach Lintner
14	8.7	77.5	13	31	10	83	36	11	96
18	8.3	81.5	17	31	10	80	37	12	96
20	8.0	82.8	20	36	12	71	46	15	89
24	7.9	83.2	21	31	10	66	49	13	83

Verhältnismässig sehr gute Ergebnisse wurden nur in rasch fliessendem Wasser und besser im Dunkeln als bei Lichtzutritt erzielt. Das Maximum der diastatischen Kraft war bei Lichtabschluss für F. J. 57 für Gerste- und 68 für Malztrockensubstanz nach 15 Tagen erreicht, für F. M. bei 18 und 21 Tagen. Nach weiteren 2 Tagen hatte die Fermentativkraft wieder beträchtlich abgenommen. Die Fermentativkraft kam in diesem Falle dem überhaupt beobachteten Maximum am nächsten, nämlich der in dem Versuch, wo bei 10° C. unter wiederholtem Befeuchten der Gerste mit zerstäubtem Wasser F. J. in der Gerstetrockensubstanz 63 und F. M. 25 erreicht hatte. Der Trockensubstanzverlust war bei Lichtabschluss grösser als bei Lichtzutritt, ebenso die Wasseraufnahme, beides wohl infolge des Umstandes, dass sich im Dunkeln die Würzelchen und Blattkeime stärker entwickelt hatten. Der Trockensubstanzverlust bei den unter Wasser keimenden Samen war nicht grösser als der in dem Versuch, wo die Gerste mit Wasser bestäubt wurde; er betrug z. B. dort bei 10° C. nach 18 Tagen 23.04 %, hier bei Lichtabschluss in ebenso langer Zeit nur 18 %, woraus sich ergibt, dass nennenswerte Mengen löslicher Stoffe durch die sehr grossen Mengen Wasser nicht ausgelaugt werden.

Im allgemeinen lehren die Versuche, dass es einerseits für ein und dieselbe Gerstensorte für jede Keimtemperatur einen bestimmten Wassergehalt der Gerste gibt, bei dem die grösste Menge Diastase gebildet wird, dass es andererseits aber auch darauf ankommt, wie die Wassermenge zugeführt und aufgenommen wird, und dass die durch den Atmungsprozess verursachten Substanzverluste um so grösser sind, je grösser die

Menge Wasser ist, die die Gerste beim Weichen oder sonstwie während des Keimens aufgenommen hat. Weiter lehren sie, dass sich der Verlauf der Diastasebildung nach den bisher bekannt gewordenen Untersuchungsmethoden mit genügender Sicherheit nicht hat verfolgen lassen, dass aber nach den von mir angegebenen Methoden dieses Ziel in befriedigender Weise zu erreichen ist.

Herrn Prof. Dr. v. Soxhlet, unter dessen Leitung diese Arbeit ausgeführt wurde, sage ich auch an dieser Stelle für seine Anregungen und Ratschläge meinen Dank.